



BAB 19

TEKNOLOGI KOMPUTASI-DIGITAL PADA PENELITIAN ARCA KUNO INDONESIA: SUATU KAJIAN IDE PERMULAAN DALAM KONSEP RANCANG BANGUN

DIGITAL-COMPUTING TECHNOLOGY IN INDONESIAN ANCIENT STATUES' RESEARCH A PRELIMINARY IDEAS IN DESIGN CONCEPTS

Ashar Murdihastomo, Muhammad Harsya, & Atina Winaya

ABSTRACT

Studies of ancient statues in Indonesia are required to develop innovations to maintain their existence in modern times. The decline in in-depth research work in recent years and the wide gap in the regeneration of researchers in this study can raise concerns if not addressed immediately. One of the solutions to arouse interest in this field, especially among young researchers, is by presenting various modern approaches using technological advances. One of which is digital computing technology. Thus, the question arises, what kind of application of digital computing technology suits ancient statues research in Indonesia? The answer to this question is in line with the purpose of this paper namely, to conduct a study of the initial idea in the design concept of digital computing technology. Therefore, it will have a position in the development of the archeology field and specifically in ancient statues studies. This knowledge expects to be an alternative solution in the development and advancement of ancient statues studies in Indonesia.

Keywords: *sculpture, iconography, , digital computing, artificial intelligence*

ABSTRAK

Kajian arca kuno di Indonesia dituntut untuk mengembangkan inovasi guna mempertahankan eksistensinya di masa modern. Menurunnya karya penelitian yang bersifat mendalam beberapa tahun belakangan, serta lebarnya jarak regenerasi peneliti dalam kajian ini dapat menimbulkan kekhawatiran apabila tidak segera diatasi. Salah satu solusi yang dapat ditawarkan dalam upaya meningkatkan minat terhadap studi arca kuno Indonesia, khususnya di kalangan peneliti muda, adalah menghadirkan berbagai pendekatan modern yang memanfaatkan kemajuan teknologi.

Ashar Murdihastomo*, Muhammad Harsya, & Atina Winaya

*Badan Riset dan Inovasi Nasional, e-mail: asha002@brin.go.id

© 2024 Penerbit BRIN

A. Murdihastomo, M. Harsya, dan A. Winaya, "Teknologi komputasi-digital pada penelitian arca kuno Indonesia: suatu kajian ide permulaan dalam konsep rancang bangun", 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 19, pp 305–325, doi: 10.55981/brin.710.c1034, E-ISBN: 978-623-8372-95-9

Salah satunya adalah teknologi komputasi digital. Lantas timbul pertanyaan, bagaimana bentuk melakukan suatu kajian terhadap ide permulaan dalam konsep rancang bangun teknologi komputasi digital, serta menempatkannya di dalam pengembangan keilmuan arkeologi secara umum dan kajian arca kuno secara khusus. Pengetahuan tersebut diharapkan dapat menjadi suatu alternatif solusi di dalam pengembangan dan pemajuan kajian arca kuno di Indonesia.

Kata kunci: arca, ikonografi, ikonometri, komputasi digital, kecerdasan buatan

A. PENDAHULUAN

Salah satu tinggalan peradaban nenek moyang bangsa Indonesia yang masih dapat ditemui hingga kini adalah arca-arca kuno, baik yang tersimpan rapi di museum maupun yang tersebar di situs arkeologi. Berbeda dengan patung yang bersifat profan, arca memiliki fungsi keagamaan (sebagai sarana ritual) sehingga bersifat sakral. Oleh karena itu, penggarapannya dilakukan berdasarkan pedoman keagamaan yang melatarbelakanginya. Arca merupakan objek penelitian ilmu arkeologi, yakni segala pengetahuan yang meliputi gagasan atau wujud materinya dianggap mampu mengungkapkan berbagai aspek kehidupan di masa lalu. Misalnya saja, gagasan di balik arca dapat menjelaskan agama yang dipeluk oleh masyarakat pendukungnya; serta wujud arca yang meliputi teknik pengerjaan dan material dapat menjelaskan tingkat pengetahuan teknologi masyarakat pendukungnya.

Studi mengenai arca-arca kuno menjadi perhatian utama para peneliti yang berfokus pada kajian pengaruh budaya India di Nusantara atau kerap dikenali sebagai periode Hindu-Buddha. Pada periode itu, arca berfungsi sebagai media religi atau objek suatu ritus keagamaan (Darma, 2019, 52). Arca-arca tersebut banyak dijumpai di pusat peradaban kuno Nusantara, seperti Pulau Sumatra dan Jawa, serta beberapa daerah lainnya, baik dalam bentuk arca logam maupun arca batu (Nastiti, 2014, 37; Suantika, 2007, 28). Keberadaannya membuka peluang bagi munculnya kajian seni kuno yang berkenaan dengan simbol dan proporsi tubuh, yang secara terminologi disebut dengan istilah ikonografi atau ikonometri.

Di Indonesia, kajian ikonografi dan ikonometri menitikberatkan pada penentuan tokoh dewa dalam mitologi Hindu-Buddha berdasarkan simbol-simbol yang terdapat dalam bentuk dan dimensi pengarcaannya. Hal tersebut dikarenakan arca tokoh dewa memiliki aturan-aturan khusus yang harus ditaati penuh oleh para seniman yang mengerjakannya. Beberapa kitab agama beraliran Saiwa dan Waisnava dari India memuat aturan-aturan pengarcaan dewa, sampai kepada perincian pengukurannya (Sedyawati, 1994, 8). Di India, seorang seniman (pemahat) perlu melakukan ritual yoga terlebih dahulu sebelum mengerjakan suatu arca dewata. Melalui yoga, seniman berusaha bersatu dengan “benda ciptaannya” di dalam pikirannya (Anand, 1933, 203–9). Bersatunya seluruh aktivitas dalam upaya mengenali sifat-sifat dewata dipermudah melalui ajaran di dalam kitab-kitab Sastra, yakni kitab-kitab yang berisi peraturan pembuatan arca dewa (Maulana, 1997, 5). Oleh karena itu, karya seni yang digunakan sebagai media pemujaan diciptakan berdasarkan aturan-aturan

baku yang bersifat mengikat. Ketidaksesuaian antara aturan dengan pengerjaan dapat mengakibatkan ketiadaan esensi kedewataan pada arca tersebut.

Kajian arca kuno di Indonesia telah diinisiasi dan digeluti oleh beberapa tokoh arkeologi. Pertama, Edi Sedyawati yang dapat dianggap sebagai pelopor kajian arca kuno pengaruh India di Nusantara melalui disertasinya terkait dengan pengarcaan Ganesha pada masa Kadiri dan Singhasari (Sedyawati, 1994). Karyanya sekaligus menempatkan sistematika penelitian arca kuno di Indonesia. Kedua, Ratnaesih Maulana merupakan salah satu pakar yang fokus dengan kajian ikonografi Hindu-Buddha, khususnya tokoh Siwa, yang dituangkan di dalam disertasinya mengenai analisis ikonografi perwujudan Siwa di Jawa pada masa Hindu-Buddha (Maulana, 1992). Ketiga, Hariani Santiko yang mendalami tokoh Durga melalui disertasinya mengenai kedudukan Bhatari Durga di Jawa pada abad ke-10 hingga 15 Masehi (Santiko, 1987). Keempat, I Wayan Redig yang melakukan penelitian terkait perbandingan pengarcaan Ganesha di India dengan Indonesia (Redig, 1992). Kelima, Endang Sri Hardiati yang melakukan kajian terhadap arca-arca tidak beratribut dewa di Bali, yang diidentifikasi sebagai arca perwujudan tokoh tertentu (Soekatno, 1993).

Seiring perjalanan waktu, penelitian yang fokus terhadap arca-arca kuno cenderung semakin kurang diminati oleh kalangan peneliti di bidang kepakaran arkeologi sejarah. Hal tersebut dapat terlihat dari berkurangnya karya-karya ilmiah, baik berupa penelitian secara mendalam ataupun disertasi yang fokus terhadap kajian ikonografi Hindu-Buddha di Indonesia. Minimnya minat tersebut juga didukung oleh lebarnya jarak regenerasi peneliti ikonografi di Indonesia. Belakangan, Atina Winaya mulai menaruh perhatian kembali terhadap kajian ikonografi melalui penelitiannya yang berkenaan dengan gaya seni arca Mataram Kuno beserta persebarannya di beberapa wilayah (Winaya et al., 2019; Winaya et al., 2020). Ia pun melakukan suatu terobosan berupa percobaan perekaman data arca melalui teknik fotogrametri (Winaya, et al., 2019). Alasan lainnya yang kerap dijumpai adalah sulitnya mengidentifikasi simbol yang tergambar pada arca, serta kompleksnya istilah yang harus dipahami terkait dengan simbol atau ikon arca. Tentunya kondisi tersebut dapat memberikan dampak yang cukup signifikan dalam pengembangan serta kemajuan studi arca kuno di Indonesia.

Salah satu solusi yang dapat ditawarkan dalam upaya meningkatkan minat terhadap studi arca kuno Indonesia, khususnya di kalangan peneliti muda, adalah menghadirkan berbagai pendekatan modern yang memanfaatkan kemajuan teknologi. Hal tersebut dapat dijadikan pertimbangan sebagai upaya adaptasi kondisi terkini sekaligus memberikan kemudahan bagi peneliti untuk melakukan kajian. Penggunaan teknologi komputasi digital merupakan suatu alternatif bentuk pendekatan yang perlu diperhitungkan dalam studi arca kuno. Hal tersebut didasarkan pada perkembangan global yang menempatkan kemajuan teknologi sebagai bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan manusia, termasuk sebagai faktor pendorong ilmu pengetahuan. Efisiensi dan keefektifan merupakan kata kunci yang menjadi

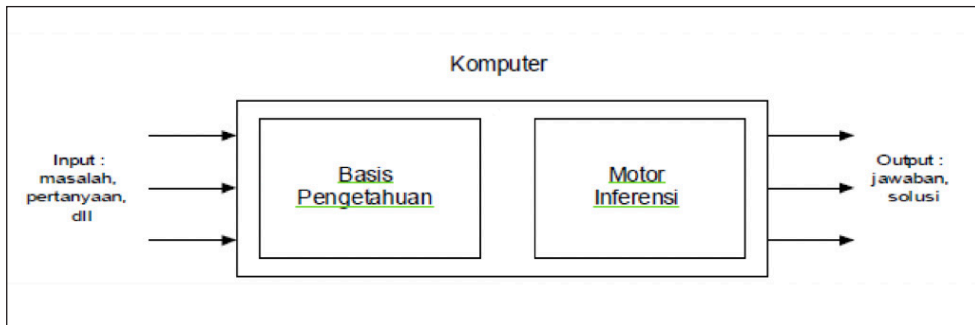
bukan berarti metode yang digunakan harus bersifat “kuno” pula. Sudah saatnya arkeologi di masa modern memanfaatkan kemajuan teknologi sebagai alat bantu yang mampu mempermudah proses analisis dan interpretasi arkeologi.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, artikel ini berupaya mengulas suatu isu teknologi yang dapat diaplikasikan ke dalam penelitian arca kuno di Indonesia. Pertanyaan yang dikemukakan adalah, bagaimana bentuk penerapan teknologi komputasi digital yang dapat digunakan dalam penelitian arca kuno di Indonesia? Jawaban atas pertanyaan tersebut sejalan dengan tujuan penulisan ini, yakni untuk melakukan suatu kajian terhadap ide permulaan dalam konsep rancang bangun melalui teknologi komputasi digital, serta menempatkannya di dalam pengembangan keilmuan arkeologi secara umum dan studi arca kuno secara khusus. Pengetahuan tersebut diharapkan dapat menjadi suatu alternatif solusi di dalam pengembangan dan pemajuan studi arca kuno di Indonesia.

Kehadiran teknologi komputasi digital menandai lahirnya fase baru dalam perkembangan teknologi di dunia. Fase tersebut muncul sebagai akibat dari penemuan komputer dan internet yang memicu terjadinya globalisasi. Secara umum, teknologi komputasi digital merupakan suatu perangkat modern yang didukung oleh sistem komputer yang meliputi perangkat keras dan lunak, serta dukungan jaringan internet (Gumilar, 2001, 62–65). Kolaborasi di antara keduanya menghasilkan teknologi komputasi digital yang kini tengah digandrungi oleh masyarakat modern karena memiliki manfaat dan dampak positif di dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya saja, dalam beberapa dekade terakhir, dunia teknologi digital dicirikan dengan keberadaan gawai pintar (*smartphone*) yang kini telah menjadi barang umum di tengah masyarakat. Teknologi digital itu menawarkan berbagai macam fitur yang memberikan kemudahan, seperti berkomunikasi secara lisan dan tulisan; mengambil foto dan video; merekam suara; menonton film; mendengarkan musik; mengakses internet; serta berbagai fitur lainnya yang tersaji di dalam satu benda saja.

Salah satu bentuk teknologi komputasi yang berkembang pesat adalah teknologi kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) mulai muncul sekitar awal tahun 1950-an (Wijaya, 2013, 18). Kecerdasan buatan merupakan suatu konsep pemetaan dalam bahasa pemrograman yang telah diproses sedemikian rupa sehingga mampu menjadi kerangka dan logika tersendiri, serta dirancang layaknya cara berpikir manusia (Dahria, 2008, 187). Terminologi lain dituliskan Athanasia Octabiani Puspita Dewi yang mengutip Haag dan Peter yang menyebutkan bahwa kecerdasan buatan ini merupakan suatu sistem informasi yang berhubungan dengan penangkapan, pemodelan, dan penyimpanan kecerdasan dalam sebuah sistem teknologi informasi sehingga sistem tersebut memiliki kecerdasan seperti yang dimiliki oleh manusia (Dewi, 2020, 454). Sistem ini dikembangkan untuk pengembangan metode dan sistem dalam penyelesaian masalah, seperti pengolahan citra, perencanaan, peramalan, dan meningkatkan kinerja sistem informasi berbasis komputer (Prasetya, 2018, 9)

Prinsip dasar kecerdasan buatan adalah keberadaan dua elemen penting, yaitu: (1) basis pengetahuan (*knowledge base*) yang berisi fakta-fakta, teori, pemikiran dan hubungan antara satu unit dengan lainnya; serta (2) motor inferensi (*inference engine*) yang merupakan kemampuan menarik kesimpulan berdasarkan pengalaman (Dahria, 2008, 187) (Gambar 19.1).



Sumber: Dahria (2008)

Gambar 19.1 Penerapan konsep kecerdasan buatan di komputer

Sebenarnya paradigma baru ilmu arkeologi telah memperkenalkan berbagai pendekatan modern di dalam rangkaian proses penelitian arkeologi guna memberikan manfaat yang positif di dalam kemajuan ilmu pengetahuan. Para arkeolog di negara-negara maju telah mengoptimalkan pemanfaatannya, termasuk menggunakan teknologi komputasi digital. Arkeolog Indonesia juga perlahan mulai mengaplikasikannya dalam satu-dua dekade belakangan ini. Beberapa contoh penggunaan teknologi dalam bidang arkeologi antara lain:

1. Dokumentasi fotogrametri

Fotogrametri merupakan teknis perekaman data yang menitikberatkan pada penggabungan multi-foto yang diambil dari beragam sudut. Foto-foto tersebut kemudian diolah melalui teknologi komputasi agar dapat menampilkan bentuk tiga dimensi secara digital dari objek yang didokumentasikan. Teknik fotogrametri ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu rentang dekat dan foto udara. Fotogrametri rentang dekat menekankan pada penggunaan kamera, misalnya *Digital Single-Lens Reflex* (DSLR), dengan memastikan bahwa gambar yang diambil menggunakan resolusi tinggi untuk menghasilkan gambar dengan kualitas baik. Sementara itu, pemotretan udara menggunakan wahana udara tanpa awak dan dikendalikan dari jarak jauh, seperti *drone*. Pengambilan gambar dengan metode ini dapat dilakukan secara vertikal, horizontal, atau miring tergantung dari bentuk objeknya. Proses pengambilan gambar dengan dua teknik tersebut juga dapat disertai dengan penentuan titik koordinat untuk memudahkan melihat keletakannya (Suwardhi et al., 2016, 15–17).

2. Pemindaian LIDAR

LIDAR atau *Light Distance and Ranging* merupakan metode pendeteksian objek yang menggunakan prinsip pantulan sinar laser untuk mengukur jarak objek yang ada di permukaan bumi (Putra, 2016, 61–64). Melalui olahan komputasi, pantulan sinar laser tersebut kemudian membentuk suatu bentukan lahan atau area ke dalam bentuk gambaran digital. Penggunaan teknologi ini dapat memudahkan para peneliti untuk melakukan eksplorasi suatu wilayah secara mudah. Salah satu hasil positif penggunaan LIDAR dalam penelitian arkeologi di Indonesia adalah penemuan potensi tinggalan arkeologi di sekitar Kawasan Muara Jambi yang dilakukan oleh tim peneliti Historia bekerja sama dengan Djarum Foundation (Alfarizi, 2020).

3. Aplikasi Sistem Informasi Geografi

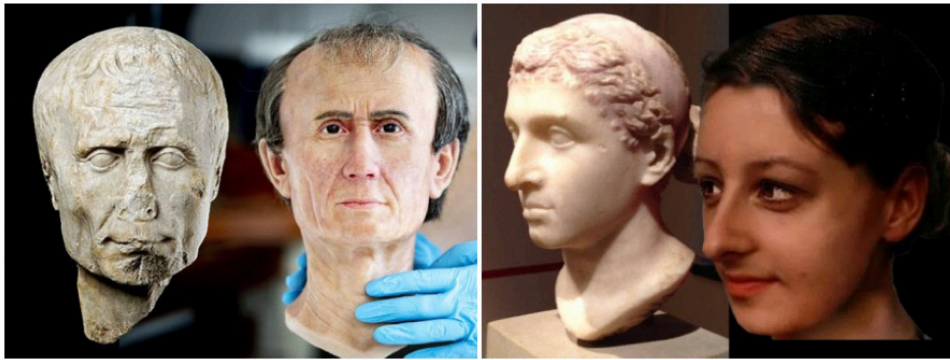
Sistem Informasi Geografi merupakan bentuk perekaman data spasial dengan cara merekam titik-titik koordinat dari suatu objek arkeologi. Hasil data yang dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan program aplikasi yang dapat digunakan untuk menjawab berbagai pertanyaan seperti lokasi, kondisi, tren, dan pemodelan (Mujabuddawat, 2016, 32).

4. Pemindaian X-Ray atau CT Scan

Pemindaian menggunakan *Computed Tomography* (CT) dengan sinar x (*x-ray*) bertujuan untuk melihat gambaran yang terdapat di bagian dalam objek tanpa melakukan kerusakan (Hughes, 2011, 59). Pantulan gambar *x-ray* kemudian digabungkan dengan teknologi komputasi sehingga membentuk satu kesatuan gambar secara utuh. Teknologi ini memungkinkan manusia untuk melihat bagian dalam suatu objek tertutup. Dengan demikian, seorang ahli arkeologi dapat melakukan deteksi terhadap artefak yang rapuh atau cukup sulit untuk dipegang, seperti mumi. Melalui pemindaian *x-ray*, artefak tersebut dapat diubah wujudnya dalam tiga dimensi di dalam komputer untuk dianalisis lebih lanjut.

5. Rekonstruksi Wajah Digital

Aplikasi rekonstruksi wajah digital menggunakan sistem *virtual reality* yang dirancang untuk membuat rekonstruksi tiga dimensi wajah para tokoh yang terekam di dalam karya seni rupa, seperti patung, lukisan, hingga mumi. Melalui proses rekonstruksi forensik, para peneliti dapat menginterpretasikan sekaligus menghadirkan wajah tokoh-tokoh yang berasal dari masa lalu kepada masyarakat di masa sekarang. Pandu Radea, dalam tulisannya, menyebutkan beberapa tokoh dunia yang wajahnya telah direkonstruksi (Radea, 2020) (Gambar 19.2)



Sumber: Radea (2020)

Gambar 19.2 Hasil rekonstruksi wajah patung Julius Caesar dan Cleopatra

6. Pengambilan Data Cagar Budaya melalui Sistem Operasi Android

Aplikasi berbasis sistem operasi android yang terdapat di dalam telepon cerdas (*smartphone*) dapat digunakan untuk pengambilan data cagar budaya, seperti aplikasi *UTM Geo Map* untuk pengambilan data titik koordinat; *Compas 360 Pro* untuk pengambilan data arah mata angin; *Prime Ruler* untuk pengambilan data ukuran dimensi benda; serta *Scan 3D Beta* untuk pengambilan data gambar fotogrametri (Prasetyo dan Suwindiatrini, 2020, 89–93). Data tersebut kemudian diolah dalam komputer dengan bantuan perangkat lunak sesuai kebutuhan yang diinginkan.

Beberapa contoh yang dikemukakan menunjukkan bahwa teknologi komputasi digital dapat dimanfaatkan di dalam proses penelitian arkeologi, serta telah digunakan oleh para peneliti di bidang arkeologi. Berikutnya adalah pembahasan mengenai suatu konsep rancang bangun teknologi komputasi digital baru berbasis kecerdasan buatan yang ditujukan untuk keperluan perekaman data pada penelitian arca kuno.

B. METODE

Artikel ini menitikberatkan pada penjelasan konsep dalam upaya membangun suatu sistem informasi berbasis teknologi komputasi-digital dalam penelitian arca kuno. Data yang dibutuhkan pada artikel ini adalah data sekunder berdasarkan pada kajian pustaka, mulai dari artikel ilmiah, buku, hingga beberapa tulisan yang ditampilkan di laman internet. Fokus data yang diambil adalah prinsip penelitian arca kuno terkait dengan ikonografi dan ikonometri; prinsip awal dari pembuatan sistem komputasi-digital, dan beberapa prinsip kerja dari teknologi komputasi-digital. Keseluruhan data tersebut kemudian dihimpun dan disusun untuk membentuk prinsip kerja penelitian arca kuno berdasarkan teknologi komputasi-digital dan sekaligus menjawab pertanyaan permasalahan yang diajukan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Prinsip Penelitian Arca Kuno

Secara umum, prinsip penelitian arca kuno terdiri dari tiga tahap utama, yaitu (1) pengumpulan data yang meliputi observasi, deskripsi, dan dokumentasi; (2) pengolahan data yang dilakukan berdasarkan pendekatan tertentu; serta (3) penafsiran data yang meliputi interpretasi. Penelitian diawali dengan melakukan observasi arca sebagai objek penelitian. Observasi merupakan teknik pengumpulan data yang paling umum, yakni melakukan pengamatan mata secara langsung guna memperoleh gambaran visual secara lebih jelas. Meskipun metode tersebut seringkali dinilai lambat, namun sesungguhnya merupakan cara yang paling teliti (Sharer dan Ashmore, 2003, 203). Langkah selanjutnya adalah melakukan dokumentasi dan deskripsi terhadap data yang diamati. Keduanya perlu dilakukan secara sistematis dan terstruktur karena memainkan peranan penting dalam tahap pengumpulan data. Hasil pengerjaan dokumentasi dan deskripsi amat berpengaruh terhadap proses pengolahan dan penafsiran data.

Dalam melakukan dokumentasi dan deskripsi data arca, Edi Sedyawati telah menawarkan suatu sistematika pemerincian arca. Pemerincian tersebut terdiri atas beberapa komponen, seperti identifikasi umum, sejarah penemuan, data umum atau komposisi, kelompok komponen sederhana, kelompok komponen rumit, serta deskripsi tokoh utama (mulai dari sifat umum hingga bagian per anatomi tubuh) (Sedyawati, 1980, 229–32). Sistematika yang dinamakan Deskripsi Arca Tipe Tokoh masih digunakan hingga saat ini dan dikerjakan secara manual dengan bantuan tabulasi dan dokumentasi visual menggunakan kamera. Selain deskripsi fisik arca, tabulasi juga memuat data berupa ukuran arca (baik keseluruhan maupun per anatomi tubuh). Pengukuran arca dapat dilakukan dengan menggunakan penggaris, rol meter, atau tabung ukur yang dirancang oleh Adhi Moersid (Sedyawati, 1983, 44–46). Proses pendataan ikonografi dan ikonometri dapat dilihat pada Gambar 19.3, sedangkan proses dokumentasi foto pada Gambar 19.4.



Sumber: Winaya (2021)

Gambar 19.3 Proses pendataan ikonografi (kiri) dan ikonometri (kanan)



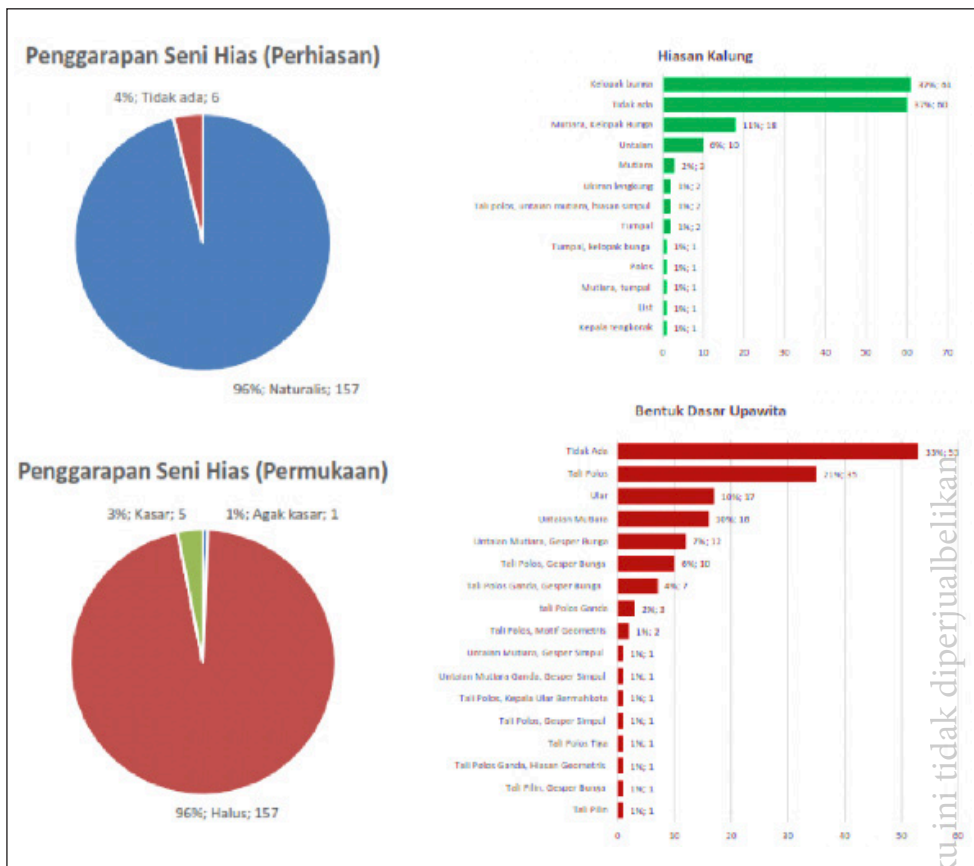
Sumber : Winaya (2021)

Gambar 19.4 Proses dokumentasi gambar

Tahap kedua adalah pengolahan data terhadap data arca yang telah dikumpulkan sebelumnya. Pengolahan data dapat dibedakan ke dalam empat pendekatan, yakni analisis ikonografi, ikonometri, ikonologi, dan ikonoplastik. Analisis ikonografi adalah analisis yang berkenaan dengan atribut arca yang menandai identitas arca sebagai penggambaran tokoh tertentu. Cara kerjanya adalah dengan melakukan telaah terhadap pendeskripsian ikon yang menguraikan identitas arca, dimulai dari asal, bahan, bentuk, hingga ukuran yang dilengkapi foto dan gambar. Hasil pendeskripsian itu dapat digunakan sebagai dasar identifikasi tokoh yang digambarkan. Seringkali atribut-atribut pada tokoh yang terpola menandakan konteks ruang dan waktu tertentu. Berikutnya adalah analisis ikonometri, yakni analisis yang dilakukan untuk menelaah arca melalui ukuran-ukurannya. Deskripsi ukuran menjadi poin penting dalam analisis ikonometri karena dapat mengungkapkan proporsi antropomorfis suatu arca. Proporsi tersebut dapat dikaitkan dengan kedudukan hierarki dan lain sebagainya. Adapun analisis ikonologi adalah analisis yang dilakukan untuk mengetahui makna simbolis yang melekat pada sosok arca. Upaya pencarian makna dapat dilakukan dengan mengamati dan membandingkan ciri ikonografis satu arca dengan arca lainnya. Hasil perbandingan tersebut dapat menunjukkan adanya persamaan ataupun perbedaan yang dapat ditafsirkan dengan dukungan data lainnya, misalnya sumber tertulis sezaman. Sementara analisis ikonoplastik

adalah analisis yang berkenaan dengan bentuk dan gaya seni arca. Analisis ini kerap dikaitkan dengan upaya penentuan kronologi pertanggalan relatif (Simanjuntak 2008, 106–7). Keempat analisis yang telah diuraikan dapat digunakan berdasarkan tujuan penelitiannya masing-masing. Dengan demikian, suatu penelitian arca kuno dapat menerapkan proses pengolahan data (analisis) yang berbeda satu sama lain.

Proses analisis ini dapat pula dilakukan dengan menggunakan metode statistika seperti yang dilakukan oleh Atina Winaya dalam melakukan penelitian ikonografi arca gaya seni Mataram Kuno (Winaya, 2019, 66-87) (Gambar 19.5). Dengan menggunakan perangkat lunak statistik R yang menghasilkan data secara presentase dan dalam bentuk diagram lebih memudahkan dalam melakukan perbandingan setiap unsur arca satu sama lain.



Sumber : Winaya (2019)

Gambar 19.5 Contoh hasil analisis menggunakan perangkat lunak statistik R

Tahap terakhir dalam penelitian arca kuno adalah penafsiran data. Penafsiran data bertujuan untuk memberikan suatu interpretasi atau simpulan (makna) terhadap data yang telah diolah sebelumnya. Dalam penelitian arca kuno, umumnya penafsiran data dilakukan melalui analogi, khususnya analogi sejarah (*historical analogy*). Analogi merupakan cara bernalar dengan menghubungkan suatu hal yang tidak diketahui identitasnya dengan suatu hal yang telah diketahui. Analogi dapat dilakukan terhadap berbagai sumber acuan, salah satunya adalah sumber tertulis dan dokumen sejarah yang mencatat/menceritakan keadaan masyarakat di masa lalu (Sharer dan Ashmore, 2003, 185). Sumber tertulis sezaman memegang peranan yang sangat penting karena dapat memberikan referensi secara deskriptif mengenai arca yang dikaji, baik dari aspek masyarakat pendukungnya secara umum maupun aspek tokoh arca secara khusus.

2. Kebutuhan Teknologi Komputasi-Digital

Seiring perkembangan zaman, sudah sepatutnya unsur kebaruan mewarnai metode penelitian arca kuno di Indonesia yang secara umum masih bersifat konservatif. Unsur kebaruan yang dimaksud adalah sentuhan teknologi yang mampu memberikan kemudahan sekaligus meningkatkan performa hasil penelitian. Setelah mengetahui metode penelitian arca kuno secara umum, kiranya teknologi komputasi digital dapat ditempatkan pada tahap pengumpulan data, khususnya pada proses dokumentasi dan deskripsi. Alasan utamanya adalah tahapan tersebut merupakan langkah awal penelitian yang menentukan keberhasilan rangkaian penelitian, sehingga diperlukan peningkatan kualitas dalam pengerjaannya. Selain itu, telah terdapat panduan pelaksanaan yang sistematis dan terstruktur, namun hingga saat ini masih dilakukan secara manual, baik pemerincian arca maupun catatan dimensi arca.

a. Kebutuhan pangkalan data

Kebutuhan utama pada rancang bangun teknologi komputasi digital berkaitan dengan ketersediaan pangkalan data (*database*). Pangkalan data memuat informasi mengenai data arca yang meliputi aspek ikonografi dan ikonometri. Aspek ikonografi menekankan pada keberadaan atribut khusus (*laksana*), perhiasan dan pakaian (*abharana*), serta gaya seni. Data atribut khusus arca (*laksana*) digunakan untuk mengidentifikasi tokoh arca. Setiap tokoh arca (dalam hal ini dewa/dewi dalam mitologi Hindu-Buddha) memiliki atribut khusus yang menjadi ciri utamanya sekaligus pembeda antara satu dengan lainnya. Adanya atribut serupa antara beberapa arca mengindikasikan adanya kedekatan. Misalnya saja, atribut trisula yang identik dengan tokoh Siwa juga kerap ditemui pada tokoh Durga dan Agastya. Dengan demikian, suatu atribut tidak selalu identik dengan satu tokoh tertentu, melainkan juga dapat digunakan sebagai alat identifikasi tokoh-tokoh yang memiliki hubungan kedekatan. Informasi mengenai atribut khusus perlu diinput ke dalam pangkalan data. Contohnya dapat dilihat pada Tabel 19.1.

Tabel 19.1 Atribut khusus pada beberapa tokoh dewa

TOKOH DEWA	LAKSANA
Arca Hindu	
Siwa	Tombak bermata tiga (<i>trisula</i>), tasbih (<i>aksamala</i>), pengusir serangga (<i>camara</i>), mata ketiga (<i>trinetra</i>), hiasan tengkorak di atas bulan (<i>ardhacandrakapala</i>), pakaian kulit harimau (<i>ajina</i>), selempang ular (<i>upavita</i> ular)
Brahma	Berkepala empat (<i>caturmukha</i>), tasbih (<i>aksamala</i>), buku/kitab (<i>pustaka</i>), bunga padma (<i>padma</i>), kendi air amerta (<i>kamandalu</i>)
Wisnu	Roda cakram (<i>cakra</i>), gada, terompet rumah siput (<i>sankha</i>), bunga padma
Ganesha	Berkepala gajah (<i>gajamukha</i>), tasbih (<i>aksamala</i>), kapak (<i>parasu</i>), satu gading (<i>ekadanta</i>), mangkuk (<i>modaka</i>), mata ketiga (<i>trinetra</i>), dan selempang ular (<i>upavita</i> ular)
Agastya	Tombak bermata tiga (<i>trisula</i>), tasbih (<i>aksamala</i>), dan kendi air amerta (<i>kamandalu</i>)
Arca Buddha	
Wairocana	Tangan membentuk <i>dharmacakra mudra</i>
Awalokitesvara	Mahkota berhiaskan figur amitabha kecil, bunga padma
Wajrapani	Wajra
Maitreya	Mahkota berhiaskan stupa kecil

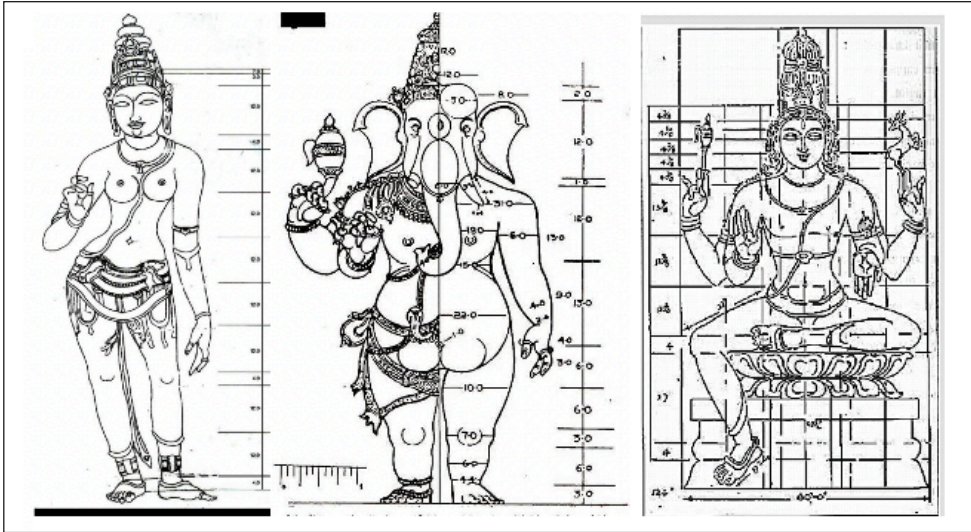
Pangkalan data berikutnya yang diperlukan adalah mengenai data perhiasan dan pakaian (*abharana*). Data tersebut dapat menunjukkan perkembangan seni rupa beserta cakupan ruang dan waktunya. Umumnya penggambaran, penggarapan, dan pola perhiasan/pakaian memperlihatkan satu ciri gaya seni tertentu. Hingga kini, setidaknya terdapat dua pembabakan gaya seni pada masa Hindu-Buddha di Indonesia, yakni gaya seni Klasik Tua (abad ke8–10) dan gaya seni Klasik Muda (abad ke13–15). Namun lebih spesifik lagi, pembabakan arca dapat dikelompokkan ke dalam empat gaya seni, yaitu gaya seni arca Mataram Kuno (abad ke8–10), Kadiri (abad ke11–12), Singhasari (abad ke13), dan Majapahit (abad ke14–15).

Meskipun kesan umum keempat gaya seni tersebut nampak mirip, namun masing-masing memiliki ciri khusus yang menjadi keunikannya. Arca Mataram Kuno memiliki karakteristik pada bagian mahkota yang berbentuk *jaṭāmakūṭa*, kain berukuran panjang berhiaskan *wiru* (lipit) di bagian tengahnya, serta perhiasan yang raya (Utomo, 2013, 4–23). Gaya seni arca Kadiri dapat diketahui dari adanya hiasan kelopak bunga pada hiasan sumping, serta penggambaran perhiasan yang raya dan detail (Susetyo et al., 2021, 6–11). Gaya seni arca Singhasari mempunyai ciri penggambaran tokoh yang diapit oleh pohon teratai yang keluar dari bonggolnya (Soekmono, 1981, 99; Suleiman, 1981). Adapun gaya seni Arca Majapahit memiliki ciri hiasan surya (sinar) Majapahit, penggambaran tokoh yang statis (arca pendharmaan), tokoh diapit oleh pohon teratai yang keluar dari vas, serta adanya hiasan pita-pita bergelombang (Bawono, 2016, 2–3).

Selain itu, pangkalan data yang tidak kalah penting adalah data yang berkaitan dengan ukuran atau dimensi tokoh arca (ikonometri). Dalam kitab keagamaan India, ukuran arca telah ditentukan berdasarkan sistem pengukuran yang terdiri dari berbagai macam satuan ukur (*talamana*). *Tala* merupakan prinsip pengukuran arca berdasarkan pada panjang telapak tangan orang dewasa. Panjang telapak tangan dari ujung jari tengah hingga pangkal telapak tangan di pergelangan disebut 1 *tala*. Ukuran tersebut bisa juga disamakan dengan ukuran wajah orang dewasa, yakni dari batas rambut di dahi sampai dengan ujung dagu. Adapun *angula* adalah 1/12 *tala*. Artinya 1 *tala* sama dengan 12 *angula* (Banerjea, 1956, 356–61). Satuan *angula* dianggap lebih cocok untuk dijadikan dasar pengukuran ikonometri arca karena bersifat lebih fleksibel (Riyanto, 2008, 56). Keberadaan ukuran *tala* dalam ikonometri arca kuno ini terbagi menjadi sepuluh kategori dan di setiap kategori ada yang dibagi lagi menjadi tiga sub kategori (Prabhu, 2006, 256–57) (lihat Tabel 19.2). Ikonometri arca ini juga meliputi dua kategori umum posisi arca, baik arca berdiri maupun arca duduk (Gambar 19.6).

Tabel 19.2 Kategori *talamana* pada beberapa tokoh dewa-dewi India (sumber: Prabhu, 2006)

KATEGORI	SUB KATEGORI	KELOMPOK TOKOH
10 <i>tala</i> (<i>dasatata</i>)	<i>Uttama</i> 124 <i>angula</i>	Wisnu, Brahma, dan Siwa
	<i>Madhyama</i> 120 <i>angula</i>	Saraswati, Laksmi, Uma
	<i>Adhama</i> 116 <i>angula</i>	Durga, Bhumi, dan Maharsi
9 <i>tala</i> (<i>nawatala</i>)	<i>Uttama</i> 112 <i>angula</i>	Astadikpalaka
	<i>Madhyama</i> 108 <i>angula</i>	Yaksa
	<i>Adhama</i> 104 <i>angula</i>	Widyadhara, Siddha, Gandharwa
8 <i>tala</i> (<i>astatala</i>)	<i>Uttama</i> 100 <i>angula</i>	Srestha
	<i>Madhyama</i> 96 <i>angula</i>	Manusia
	<i>Adhama</i> 92 <i>angula</i>	Adhama
7 <i>tala</i> (<i>saptatala</i>)		Pisacas (roh jahat)
6 <i>tala</i> (<i>sadtala</i>)		Kurcaci/cebol
5 <i>tala</i> (<i>pancatatala</i>)	<i>Uttama</i> 64 <i>angula</i>	Ganesa, Skanda, Wamana
	<i>Madhyama</i> 60 <i>angula</i>	Bhutagana (gana)
	<i>Adhama</i> 56 <i>angula</i>	Anak-anak
4 <i>tala</i> (<i>catustatala</i>)		Bhutanga
3 <i>tala</i> (<i>tritatala</i>)		Kinnara
2 <i>tala</i> (<i>dvitala</i>)		Kurma (kura-kura), Matsya (ikan)
1 <i>tala</i> (<i>ekatala</i>)		Pannaga (ular)



Sumber: Sreenivasaraos (2021)

Gambar 19.6 Pengukuran ikonometri pada arca kuno dalam posisi berdiri dan duduk

Data yang dimasukkan ke dalam pangkalan data ini berupa gambar dan tulisan. Adanya gambar dimaksudkan agar memudahkan untuk melihat beragam variasi bentuk dari satu objek. Hal ini cukup mendasar mengingat dalam penelitian arca kuno terdapat satu objek, baik ciri khusus maupun pakaian-perhiasan, yang memiliki bentuk beragam. Salah satu ragam dari penggambaran tersebut termuat dalam tulisan Edi Sedyawati yang menunjukkan adanya ragam mahkota bertipe kiritamakuta (Sedyawati, 1980, 227) (lihat Gambar 19.7).



Sumber: Sedyawati (1980)

Gambar 19.7 Macam bentuk kiritamakuta pada arca kuno di Indonesia

Buku ini tidak diperjualbelikan

b. Kebutuhan perangkat

Perangkat yang digunakan pada teknologi komputasi-digital penelitian arca kuno ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu perangkat keras dan lunak. Perangkat keras merupakan perangkat fisik yang membangun sebuah informasi (Naibaho, 2017, 7). Perangkat keras yang dibutuhkan dalam membuat teknologi komputasi digital dalam penelitian arca kuno ini sama seperti kebutuhan dalam perangkat komputasi pada umumnya yaitu terdiri dari perangkat masukan, keluaran, proses, dan penyimpanan (Percekawati, 2016, 24–28). Benda-benda yang termasuk dalam keempat komponen tersebut,

- 1) Perangkat masukan adalah perangkat yang digunakan untuk memasukan data dan perintah ke media komputasi-digital. Perangkat masukan yang dibutuhkan berupa kamera dan/atau pemindai yang digunakan untuk menangkap gambar dari objek yang diteliti. Kamera dan pemindai yang digunakan memiliki resolusi yang cukup tinggi dengan tujuannya agar gambar yang ditangkap memberikan hasil jelas yang dapat digunakan untuk diproses selanjutnya.
- 2) Perangkat proses adalah peralatan atau komponen yang digunakan untuk menjalankan aktivitas atau perintah. Perangkat ini terdiri atas prosesor, papan utama (*motherboard*), dan *Random-Access Memory* (RAM) atau disebut dengan memori akses acak.
- 3) Perangkat keluaran adalah perangkat yang digunakan untuk menyampaikan informasi kepada satu atau lebih. Perangkat ini berupa monitor.
- 4) Perangkat penyimpanan adalah perangkat atau komponen yang digunakan untuk penyimpanan baik data, file atau program. Dalam hal ini, berupa piringan/cakram keras (*hardisk*) dan server.

Perangkat lunak merupakan program yang dibuat untuk keperluan khusus yang tersusun atas program yang menentukan aktivitas komputer (Naibaho, 2017, 7). Perangkat lunak ini berupa perangkat lunak sistem dan perangkat lunak aplikasi (Percekawati, 2016, 28). Perangkat lunak sistem adalah perangkat yang mengelola perilaku perangkat keras sehingga dapat menyediakan fungsionalitas dasar yang dibutuhkan oleh pengguna. Contoh dari perangkat lunak sistem ini, antara lain adalah sistem operasi, *device driver*, *firmware*, *programming language translator*, dan utilitas. Sementara itu, perangkat lunak aplikasi adalah perangkat yang membantu pengguna dalam menyelesaikan tugas-tugas yang spesifik. Contohnya adalah aplikasi pengolah kata, perangkat lunak multimedia, dan perangkat lunak grafik.

Salah satu hal yang terpenting dalam kebutuhan perangkat ini adalah keberadaan perangkat lunak aplikasi. Hal tersebut sangatlah krusial karena aplikasi tersebutlah yang akan memproses seluruh aktivitas dalam penelitian arca kuno seperti identifikasi tokoh, keberadaan pakaian-perhiasan, dan ukuran dimensi arca. Perangkat aplikasi ini tentu juga dibuat dalam dua tipe, tipe untuk komputer pribadi (PC) dan juga

tipe untuk gawai pintar (*smartphone*) hal ini dikarenakan pada saat ini keberadaan gawai mampu menjadi solusi dalam segala aktivitas. Bayangan dari sistem aplikasi ini memiliki kemiripan dengan teknologi Alat Identifikasi Kayu Otomatis (AIKO) yang dibuat oleh Pusat Penelitian Informatika LIPI yang berfungsi untuk mengetahui umur kayu. Aplikasi tersebut memiliki cara kerja merekam permukaan lintang kayu dengan lensa pembesar dan mengklasifikasinya dengan data yang sudah tersambung dengan server (Prakasa, 2018).

3. Alur Kerja Teknologi Komputasi-Digital

Telah dikemukakan bahwa pangkalan data yang perlu disiapkan adalah: (1) data atribut khusus (*laksana*); (2) data perhiasan, pakaian, dan unsur hias (*abharana*); dan (3) data ikonometri (*talamana*). Ketiga data ini merupakan data paling dasar dan tidak menutup kemungkinan apabila nantinya ingin ditambahkan sesuai kebutuhan. Setelah menginput data yang dibutuhkan ke dalam pangkalan data, perlu dirancang suatu prinsip kerja pendokumentasian dan pendeskripsian dalam bentuk teknologi komputasi digital. Adapun rancangan prinsip kerja tersebut adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi tokoh

Identifikasi tokoh didasarkan pada keberadaan atribut khusus arca (*laksana*) yang menjadi ciri utamanya. Pengenalan atribut khusus dapat dilakukan dengan dua cara, yakni (1) melalui pemindaian menggunakan kamera yang terhubung dengan perangkat lunak aplikasi sehingga dapat secara otomatis mengenali atribut khusus tertentu; dan (2) melalui penulisan nama atribut khusus apabila perangkat tidak mampu mengenalinya. Data atribut khusus yang dikenali kemudian diolah dalam komputasi digital menggunakan program kecerdasan buatan yang menghubungkannya dengan pangkalan data. Perangkat lunak aplikasi akan mencari titik ikat antara atribut-atribut khusus yang telah dikenali untuk menyaring identitas tokoh dewa yang dimaksud. Penyaringan identitas tokoh tersebut diharapkan dapat memberikan setidaknya tiga pilihan nama tokoh dewa yang diarcakan.

b. Deskripsi *Abharana* (Pakaian-Perhiasan) & Unsur Hias

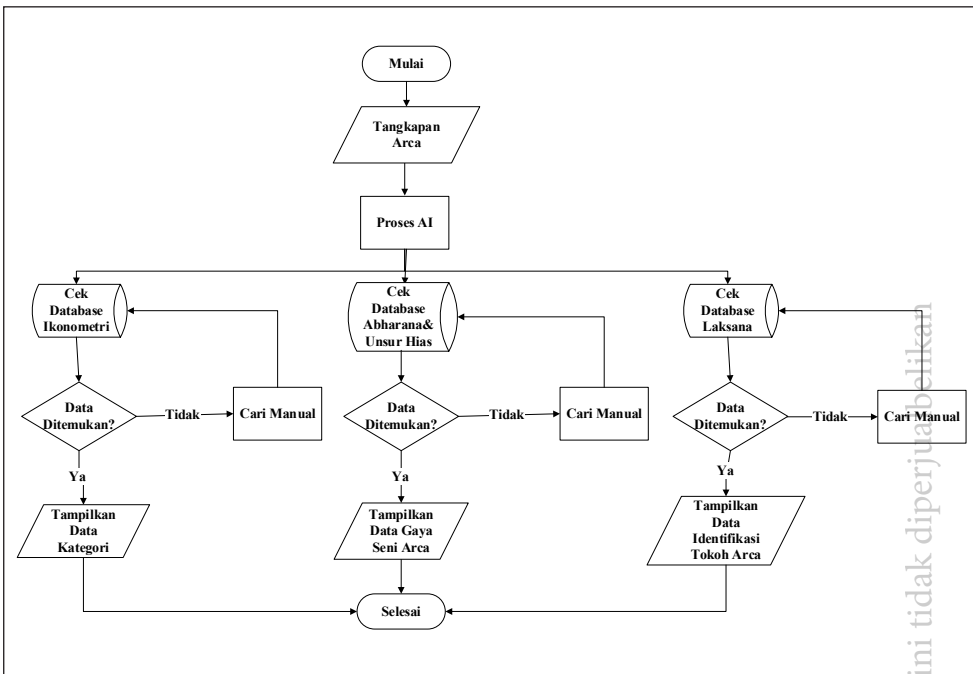
Deskripsi *abharana* menekankan pada keberadaan pakaian-perhiasan dan unsur hias yang digunakan sebagai penanda gaya seni arca. Pengenalan terhadap unsur tersebut dilakukan dengan dua cara yakni (1) melalui pemindaian menggunakan kamera yang terhubung dengan perangkat lunak aplikasi sehingga dapat secara otomatis mengenali atribut khusus tertentu; dan (2) melalui penulisan nama atribut khusus apabila perangkat tidak mampu mengenalinya. Selain itu, data yang telah dimasukkan tersebut diharapkan dapat diubah dalam format tabulasi deskripsi arca dalam bentuk tabulasi komputer.

c. Dokumentasi ikonometri

Dokumentasi ikonometri dilakukan dengan mengambil data piktorial wajah arca terlebih dahulu, sebagai acuan tala. Data tersebut kemudian dikonversi ke dalam

satuan ukur centimeter (cm). Proses kerja ini juga memerlukan proses kecerdasan buatan yang menghubungkan perekaman ukuran arca dengan pangkalan data ikonometri. Dengan mengenali pola-pola ukuran arca, dapat dilakukan penentuan ukuran arca, baik secara keseluruhan maupun sebagian. Selain menggunakan tangkapan piktorial, aktivitas dokumentasi ikonometri juga dapat dilakukan secara manual, hal ini apabila objek yang dikaji tanpa kepala/wajah sehingga tidak diketahui secara pasti ukuran talanya. Ketiga prinsip kerja rancang bangun teknologi komputasi-digital pada penelitian arca kuno dapat dijabarkan dalam bentuk bagan alur seperti terlihat pada Gambar 19.8.

Prinsip kerja yang diuraikan merupakan ide permulaan mengenai konsep rancang bangun komputasi- digital pada penelitian arca kuno yang masih dapat terus dikembangkan. Kunci utama keberhasilan program terletak pada ketersediaan data yang lengkap dan sistematis dalam pangkalan data. Semakin beragam dan rinci unit data, maka akan semakin spesifik hasilnya. Meskipun demikian, jangan sampai kelengkapan data menjadi hambatan untuk mulai menjalankan program ini. Pangkalan data dapat dilengkapi dan diperbarui seiring berjalannya waktu.



Dibuat oleh: Muhammad Harsya (n.d)

Gambar 19.8 Alur prinsip kerja teknologi komputasi-digital pada penelitian arca kuno

D. KESIMPULAN

Penelitian arkeologi di masa modern sudah sepatutnya memanfaatkan kemajuan teknologi guna menghasilkan penelitian yang semakin berkualitas. Meskipun arkeologi merupakan ilmu yang mempelajari benda-benda purbakala, bukan berarti metode yang digunakan harus bersifat “kuno” pula. Saatnya kini peneliti arkeologi di Indonesia membuka wawasannya terhadap berbagai kemajuan teknologi yang sedang berlangsung di seluruh dunia. Keberadaan teknologi komputasi digital, salah satunya adalah program kecerdasan buatan, merupakan pencapaian teknologi tertinggi umat manusia yang telah memberikan kemudahan dalam berbagai aspek kehidupan. Kiranya penggunaan teknologi tersebut perlu dikembangkan dalam dunia penelitian arkeologi. Selain semakin mendekatkan diri pada perkembangan zaman, penelitian arkeologi juga perlu mengembangkan inovasi guna mendukung kelangsungannya.

Salah satu bidang penelitian arkeologi yang dapat memanfaatkan teknologi komputasi-digital adalah penelitian mengenai arca kuno. Teknologi ini berupa kecerdasan buatan dapat digunakan pada tahap pengumpulan data yang meliputi proses pendokumentasian dan pendeskripsian data arca. Kedua proses ini merupakan titik krusial yang menentukan keberhasilan seluruh rangkaian penelitian. Teknologi komputasi digital dilakukan dengan cara menghubungkan program kecerdasan buatan melalui pangkalan data yang meliputi (1) data atribut khusus (*laksana*); (2) data perhiasan, pakaian, dan unsur hias (*abharana*); dan (3) data ikonometri (*talamana*). Masing-masing pangkalan data memberikan dasar informasi bagi program kecerdasan buatan agar mampu menghasilkan identifikasi tokoh arca, identifikasi gaya seni arca, dan identifikasi ikonometri arca.

Kajian yang dilakukan merupakan ide permulaan mengenai konsep rancang bangun komputasi digital pada penelitian arca kuno yang masih dapat terus dikembangkan, baik dari aspek pengolahan data secara detail maupun aspek pembentukan prototipe aplikasi yang siap uji coba. Aplikasi teknologi komputasi digital yang mampu mendukung penelitian arca kuno tentunya akan berdampak pada peningkatan kualitas penelitian. Selain itu, cara kerja yang bersifat modern ini diharapkan mampu menarik minat para peneliti muda untuk menggeluti studi mengenai arca kuno di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis bertiga mengucapkan terima kasih kepada Balai Arkeologi Bali beserta panitia yang telah menyelenggarakan seminar nasional arkeologi sehingga memantik kemunculan ide dalam penulisan artikel ini. Selain itu, ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Pusat Penelitian Arkeologi Nasional dan Kepala Bagian Fasilitas Penelitian dan Kerjasama Asing karena telah memberikan arahan kepada peneliti arkeologi untuk memunculkan ide inovatif dalam penelitian arkeologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarizi, Moh. Khory. 2020. "Teknologi LiDAR Bantu Arkeolog Teliti Peradaban Candi Muara Jambi." *Tempo.Co*. 2020. <https://tekno.tempo.co/read/1402493/teknologi-lidar-bantu-arkeolog-teliti-peradaban-candi-muara-jambi/full&view=ok>.
- Anand, Mulk Raj. 1933. *The Hindu View of Art*. London: George Allen & Unwin Ltd.
- Banerjea, Jitendra Nath. 1956. *The Development of Hindu Iconography*. Calcutta: University of Calcutta.
- Bawono, Rochtri Agung dan Zuraidah. 2016. "Ragam Seni Hias Majapahit: Penciri Hasil Budaya Majapahit." In *Seminar Nasional Seri Bahasa, Sastra, Dan Budaya*. Denpasar: Universitas Udayana.
- Dahria, Muhammad. 2008. "Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence)." *Jurnal Saintikom* 5 (2): 185–96.
- Darma, I Kadek Sudana Wira. 2019. "Pengarcanaan Dewa Wisnu Pada Masa Hindu-Buddha Di Bali (Abad VII-XIV Masehi)." *Forum Arkeologi* 32 (1): 51–62. <https://doi.org/10.24832/fa.v32i1.548>.
- Dewi, Athanasia Octaviani Pustpita. 2020. "Kecerdasan Buatan Sebagai Konsep Baru Pada Perpustakaan." *ANUVA* 4 (4): 453–60. <https://doi.org/10.14710/anuva.4.4.453-460>.
- Gumilar, Gumgum. 2001. "Perkembangan Teknologi Komunikasi Dan Tantangan Globalisasi." *Majalan Ilmiah UNIKOM* 1 (2): 63–67.
- Hughes, Stephen. 2011. "CT Scanning In Archaeology." In *Computed Tomography*, edited by Luca Saba, 57–70. Rijeka: InTech. <https://doi.org/10.5772/22741>.
- Maulana, Ratnaesih. 1992. "Siva Dalam Berbagai Wujud: Suatu Analisis Ikonografi Di Jawa Masa Hindu-Buddha." Universitas Indonesia.
- . 1997. *Ikonografi Hindu*. Jakarta: Fakultas Sastra Universitas Indonesia.
- Mujabuddawat, Muhammad Al. 2016. "Perangkat Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Penelitian Dan Penyajian Informasi Arkeologi." *Kapata Arkeologi* 12 (1): 29–42.
- Naibaho, Rahmat Sulaiman. 2017. "Peranan Dan Perencanaan Teknologi Informasi Dalam Perusahaan." *Jurnal Warta*, no. 52: 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.46576/wdw.v0i52.253>.
- Nastiti, Titi Surti. 2014. "Jejak-Jejak Peradaban Hindu-Buddha Di Nusantara." *Kalpataru* 23 (1): 63–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.24832/kpt.v23i1.49>.
- Ngaffi, Muhamad. 2014. "Kemajuan Teknologi Dan Pola Hidup Manusia Dalam Perspektif Sosial Budaya." *Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi Dan Aplikasi* 2 (1): 33–47.
- Percekawati, Rani. 2016. "Pengaruh Penerapan Teknologi Informasi Dan Sistem Akuntansi Manajemen Terhadap Kinerja Manajerial (Studi Pada PT. Pos Indonesia (Persero) Di Kota Bandung)." Universitas Pasundan. <http://repository.unpas.ac.id/id/eprint/13759%0A>.
- Prabhu, Balagopal. 2006. "Iconography and Sculpture." In *Calicut University Sanskrit Series No. 19: Indian Scientific Tradition*, edited by Unithiri, 245–61. Kerala: Calicut University Press.
- Prakasa, Esa. 2018. "Inovasi AIKO LIPI Dapat Identifikasi Kayu Dalam Hitungan Detik." *Lipi Go.Id*. 2018. <http://lipi.go.id/berita/Inovasi-AIKO-LIPI-dapat-Identifikasi-Kayu-dalam-Hitungan-Detik/21317>.

- Prasetya, Fajar Mulia Eka. 2018. "Sistem Pakar Diagnosa Awal Penyakit Pada Ayam Dengan Metode Forward Chaining." Mercubuana. <http://eprints.mercubuana-yogya.ac.id/2572/>.
- Prasetyo, Helmi Yanuar Dwi; Suwindiatrini, Komang Ayu. 2020. "Pemanfaatan Aplikasi Smartphone Android Dalam Pengambilan Data Cagar Budaya." *Jurnal Tumotowa* 3 (2): 86–95. <https://doi.org/https://doi.org/10.24832/tmt.v3i2.62>.
- Putra, I Wayan Krisna Eka. 2016. "Sistem Kerja Sensor Laser Pada LIDAR." *Jurnal Media Komunikasi Geografi* 17 (1): 59–70.
- Radea, Pandu. 2020. "Beginilah Wajah 3D Para Tokoh Sejarah Dunia." Jernih.Co. 2020. <https://jernih.co/potpourri/beginilah-wajah-3d-para-tokoh-sejarah-dunia/>.
- Redig, I Wayan. 1992. "A Comparative Study of Ganesa Images from India and Indonesia (From Circa 7th to 15th Century A.D.)." Panjab University.
- Riyanto, Sugeng. 2008. "Kajian Ikonometri Arca Logam Produk Perajin Trowulan." *Berkala Arkeologi* 28 (2): 52–62.
- Santiko, Hariani. 1987. "Kedudukan Bhatari Durga Di Jawa Pada Abad X-XV Masehi." Universitas Indonesia.
- Sedyawati, Edi. 1980. "Pemerincian Unsur Dalam Analisa Seni Arca." In *Pertemuan Ilmiah Arkeologi I*, 208–32. Jakarta: PT Rora Karya.
- . 1983. "Model Deskripsi Arca Tipe Tokoh." Jakarta: Universitas Indonesia.
- . 1994. *Pengarcanaan Gaṇeśa Masa Kadiri Dan Siṅhasāri: Sebuah Tinjauan Sejarah Kesenian*. Jakarta: LIPI-Rul.
- Sharer, Robert. J; Ashmore, Wendy. 2003. *Archaeology Discovering Our Past*. New York: McGraw-Hill.
- Simanjuntak, Truman; et al. 2008. *Metode Penelitian Arkeologi*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Arkeologi Nasional.
- Soekatno, Endang Sri Hardiati. 1993. "Arca Tidak Beratribut Dewa Di Bali: Sebuah Kajian Ikonografis Dan Fungsional." Universitas Indonesia.
- Soekmono. 1981. *Pengantar Sejarah Kebudayaan Indonesia 2*. Yogyakarta: Kanisius.
- Suantika, I Wayan. 2007. "Dua Buah Arca Perwujudan Koleksi Museum Negeri Siwalima Ambon." *Kapata Arkeologi* 3 (5): 28–48. <https://doi.org/doi.org/10.24832/kapata.v3i5>.
- Suleiman, Satyawati. 1981. *Monuments of Ancient Indonesia*. 2nd ed. Jakarta: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional.
- Susetyo, Sukawati; Murdihastomo, Ashar; Indrajaja, Agustijanto; Nugroho, Dimas. 2021. "Gaya Seni Arca Masa Kadiri: Studi Terhadap Arca Candi Gurah Dan Candi Tondowongso." *Kalpataru* 30 (1): 1–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.24832/kpt.v30i1.804>.
- Suwardhi, Deni; Mukhlisin, Muhammad; Darmawan, Dendy; Trisyanti, Shafarina Wahyu; Brahmantara; Suhartono, Yudi. 2016. "Survey Dan Pemodalan 3d (Tiga Dimensi) Untuk Dokumentasi Digital Candi Borobudur." *Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur* 10 (2): 10–22.
- Utomo, Bambang Budi. 2013. "Arca-Arca Berlanggam Śailendra Di Luar Tanah Jawa." *Amerta* 31 (1): 1–24. <https://doi.org/10.24832/amt.v31i1.148>.
- Wijaya, Edi. 2013. "Analisis Penggunaan Algoritma Breadth First Search Dalam Konsep Artificial Intellegencia." *Jurnal TIME* 2 (2): 18–26.

- Winaya, Atina; Santoso, Probo; Effendi, Dian; Purnawibawa, Ahmad Ginanjar; Brahmantara. 2019. *Gaya Seni Arca Mataram Kuno: Dokumentasi Arca 3 Dimensi Digital Photogrammetry*. Jakarta: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21615.05286>.
- Winaya, Atina; Siswantara, Rama Putra; Santoso, Probo. 2020. "Menelusuri Karakteristik Gaya Seni Arca Mataram Kuno." Jakarta.
- Winaya, Atina; Utomo, Bambang Budi; Nastiti, Titi Surti; Susetyo, Sukawati; Indrajaja, Agustijanto; Murdihastomo, Ashar; Syofiadisna, Panji; Bismoko, Dimas Seno; Ekowati, Dian Rahayu; Effendi, Dian; Purnawibawa, Ahmad Ginanjar; Brahmantara; Banindro, Aris, Purbo. 2019. "Gaya Seni Ikonografi Mataram Kuno Dan Persebarannya Di Jawa, Sumatra, Dan Semenanjung Malaysia: Indikasi Aktivitas Kemaritiman Nusantara Pada Abad Ke-8–10 Masehi." Jakarta.