

# KONSERVASI MATERIAL TER-ARANG

irektorat  
dayaan

3



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Direktorat Jenderal Kebudayaan  
Balai Konservasi Borobudur

910.1028  
NAH  
k

# **KONSERVASI MATERIAL TER-ARANG**

**Pengarah**

Drs. Tri Hartono, M.Hum

**Penanggung jawab :**

Drs. Tri Hartono, M.Hum

**Penulis :**

Nahar Cahyandaru, S.Si., M.A

Hari Setyawan, S.S., M.T

Fransiska Dian Ekarini, S.Si., M.A

**Redaksi :**

Yudi Suhartono, M.A

Henny Kusumawati, S.S

Leliek Agung Haldoko, S.T

Linus Setyo Adhidhuto, S.Si

**Tata Letak :**

Ikhwan Nurais

**Fotografer :**

Rifqi Kurniadi Suryanto, A.Md

**Diterbitkan oleh :**

Balai Konservasi Borobudur

Direktorat Jenderal Kebudayaan

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Jl. Badrawati, Borobudur, Magelang, Jawa Tengah 56553

Telp (0293) 788225, 788175

Fax (0293) 788367

Email : [konservasiborobudur@yahoo.com](mailto:konservasiborobudur@yahoo.com)

Website : [www.kebudayaan.kemdikbud.go.id/bkborobudur/](http://www.kebudayaan.kemdikbud.go.id/bkborobudur/)

[www.borobudurpedia.id](http://www.borobudurpedia.id)

Cetakan 1 : 2019

ISBN : 978-623-90159-0-9

## SAMBUTAN

### KEPALA BALAI KONSERVASI BOROBUDUR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan buku “Konservasi Material Ter-arang” dapat terselesaikan. Balai Konservasi Borobudur merupakan salah satu unit pelaksana teknis Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan di bidang konservasi dan pelestarian Candi Borobudur yang berada di bawah dan bertanggung jawab kepada Direktorat Jenderal Kebudayaan. Berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 29 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja, Balai Konservasi Borobudur tidak hanya mempunyai fungsi melestarikan Candi Borobudur, Candi Mendut, Candi Pawon, dan Kawasan Cagar budaya Borobudur saja, namun juga melakukan kajian konservasi terhadap aspek teknik sipil, arsitektur, geologi, biologi, kimia, dan arkeologi Candi Borobudur dan cagar budaya lainnya, serta pengembangan metode dan teknik konservasi cagar budaya. Dalam menjalankan kedua fungsi tersebut, Balai Konservasi Borobudur berkesempatan untuk melakukan kajian konservasi terhadap cagar budaya terarang yang berada di Situs Liangan, Jawa Tengah dan Situs Tambora, Nusa Tenggara Barat pada tahun 2013 - 2015.

Kegiatan kajian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu metode dan teknik konservasi cagar budaya terarang, terutama konsolidasi materialnya agar tidak rusak setelah terekspos. Material terarang merupakan salah satu jenis material yang sangat rentan terhadap kerusakan. Material ini sebenarnya dapat bertahan dengan baik bila dibiarkan berada di dalam tanah, namun karena sifatnya yang rapuh, berpori, dan memiliki kadar air yang tinggi menyebabkan material ini cepat mengalami kerusakan setelah diangkat dari dalam tanah. Konservasi material terarang ini cukup sulit untuk dilakukan sehingga membutuhkan perlakuan khusus.

Hasil dari kajian yang telah dilakukan kemudian dituangkan dalam bentuk buku dengan judul “Konservasi Material Terarang”. Penyusunan buku ini bertujuan untuk menyampaikan informasi mengenai kajian konservasi cagar budaya terarang secara terfokus dan mendalam kepada pelestari cagar budaya serta masyarakat.

Kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga buku ini dapat terselesaikan. Semoga buku Konservasi Material Terarang ini dapat membantu pelestari cagar budaya dalam melaksanakan konservasi terhadap temuan material terarang di Indonesia.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Borobudur, Mei 2019

Drs. Tri Hartono, M.Hum.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan Buku Tematik Hasil Kajian dengan judul Konservasi Material Ter-arang dengan studi kasus di Situs Liangan, Jawa Tengah dan Situs Tambora di Nusa Tenggara Barat.

Buku ini merupakan hasil dari kajian-kajian yang telah dilaksanakan oleh Balai Konservasi Borobudur sejak tahun 2013 hingga 2015 yang bertema mengenai penanganan konservasi cagar budaya yang telah menjadi arang. Kedua situs ini, Liangan dan Tambora merupakan situs yang mempunyai temuan benda-benda yang telah menjadi arang akibat letusan gunung berapi. Benda-benda yang telah menjadi arang tentunya secara fisik sudah menjadi rapuh dan *fragile* Untuk melestarikan cagar budaya terarang membutuhkan metode dan teknik penanganan konservasi yang khusus dan tepat agar cagar budaya tersebut dapat terselamatkan dan terpelihara dengan baik.

Harapan kami semoga buku ini dapat bermanfaat untuk kita semua khususnya mengenai penanganan konservasi cagar budaya yang telah menjadi arang.

Penyusun

## DAFTAR ISI

SAMBUTAN	II
KATA PENGANTAR	IV
DAFTAR ISI	V
DAFTAR FOTO	VI
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Nilai Penting	4
C. Proses Terjadinya Material Arang	6
D. Temuan Artefak Arang	9
BAB II KARAKTERISTIK MATERIAL DAN PERMASALAHAN KONSERVASI	
A. Kecepatan Pelapukan Material Arang Terekspos	23
B. Observasi Artefak di Lapangan	26
C. Tindakan Pra Konservasi	32
BAB III METODE KONSERVASI	
A. Tindakan Konservasi yang Dilakukan	36
B. Uji Konsolidasi dengan Paraloid B-72	42
C. Konservasi dengan Impregnasi	55
D. Konservasi dengan Cara Laminasi	61
E. Penyambungan, Injeksi, dan Kamouflage	64
F. Uji Penerapan Konservasi di Lapangan	66
BAB IV PENERAPAN METODE DI LAPANGAN	
A. Situs Tambora	70
B. Situs Liangan	76
BAB V PENUTUP	90
DAFTAR PUSTAKA	92

## DAFTAR FOTO

Foto I.1. Aliran piroklastik di situs Liyanan	7
Foto I.2. Komponen bangunan kuno yang terarang pada Situs	8
Foto I.3. Artefak lontar ter-arangkan di Situs Liangan	8
Gambar I.4. Peta Situs Liangan, Jawa Tengah	13
Gambar I.5. Sebaran data arkeologi di situs Liangan	16
Foto II.1. Uji Ekspos material temuan arang di Situs Liangan	24
Foto II.2. Uji Ekspos material temuan arang di Situs Tambora	25
Foto II.3. Pembukaan lapisan tanah	28
Foto II.4. Pengukuran kelembaban arang	28
Foto II.5. Pengukuran kekerasan arang	28
Foto II.6. Pengukuran suhu arang	28
Foto II.7. Pencatatan data	28
Foto II.8. Pendokumentasian	28
Foto II.9. Temuan arang I	29
Foto II.10. Temuan arang II	29
Foto II.11. Temuan arang III	31
Foto II.12. Temuan arang IV	31
Foto II.13. Temuan arang V	31
Foto II.14. Temuan arang VI	31
Foto II.15. Temuan arang VII	31
Foto II.16. Temuan arang VIII	31
Foto II.17. Temuan arang IX	31
Foto II.18. (a) dan (b) Metode transportasi material	35
Foto III.1. Pengaplikasian busa poliuretan	41
Foto III.2, III.3. Proses percobaan pada sampel arang	43
Foto III.4, III.5. Hasil percobaan bahan konsolidan	44
Foto III.6 dan III.7. Foto irisan sampel arang	60
Foto III.18. (a) Laminasi artefak arang dengan metode	64

Foto III.19. (a) dan (b) Penyambungan artefak arang	66
Foto IV.2. Hasil pengangkatan dan pengolesan artefak	73
Foto IV.3. IV.4. Proses konsolidasi setelah fragmen arang	73
Foto IV.5. Beberapa artefak yang telah dikonservasi	75
Foto IV. 6. Arang di Situs Liangan	76
Foto IV.7. Temuan Arang di Situs Liangan	78
Foto VIII. (a) Pengukuran kelembaban permukaan	79
Foto IV.9. (a) Temuan Arang di bersihkan dengan kuas	81
Foto IV.10. Menakar komposisi bahan konservan	82
Foto IV.11. (a) Laminasi material arang	85
Foto IV.12. (a) dan (b) Material Arang	87
Foto IV.13, IV.14. Sayatan tipis sampel kayu ter-arang	89

## BAB I PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Sebagaimana telah kita ketahui bersama, Indonesia merupakan negara yang amat kaya dengan tinggalan budaya. Tinggalan budaya tersebut tersebar di berbagai lokasi dan berasal dari rentang waktu sejarah yang sangat panjang. Jenis material yang menjadi penyusun tinggalan budaya tersebut juga sangat beragam, baik bahan anorganik maupun bahan organik. Berbagai jenis material tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga membutuhkan upaya pelestarian yang berbeda-beda pula.

Material tinggalan budaya telah melewati masa yang panjang sehingga mengalami proses-proses yang menyebabkan pelapukan dan kerusakan. Konservasi merupakan kegiatan yang dilakukan secara terstruktur dan terus menerus terhadap tinggalan budaya untuk memperlambat proses kerusakan dan pelapukan sehingga dapat diwariskan hingga ke generasi yang akan datang. Kegiatan konservasi penting untuk dilakukan agar tinggalan budaya tersebut tidak semakin rusak dan punah. Tinggalan budaya yang dilestarikan karena memiliki nilai penting yang tinggi disebut sebagai cagar budaya.

Pendekatan konservasi didasarkan atas permasalahan yang terjadi pada tinggalan budaya tersebut beserta pengendalian faktor-faktornya. Permasalahan yang terjadi pada suatu jenis material akan berbeda dengan jenis material lainnya, sehingga tindakan konservasi yang dilakukan akan spesifik sesuai dengan jenis material dan permasalahannya. Semakin rentan suatu material terhadap kerusakan, maka upaya konservasi yang dilakukan akan semakin sulit. Sebaliknya, untuk material yang tidak terlalu rentan kerusakan maka upaya konservasi yang dilakukan akan semakin mudah.

Material terarang merupakan salah satu tinggalan budaya yang sangat rentan terhadap kerusakan. Material terarang terbentuk dari proses karbonasi termal dari material organik membentuk material baru dengan komposisi utama karbon. Pembentukan material ini identik dengan proses pembuatan arang dari kayu, dimana kayu dibakar dengan udara terbatas sehingga menghasilkan pembakaran yang terhenti pada terbentuknya karbon. Pembakaran pada udara terbuka akan mengubah bahan organik menjadi abu. Proses pembentukan material terarang pada cagar budaya terjadi secara alamiah akibat material piroklastik dari letusan gunungapi yang mengenai material organik. Terpendamnya bahan organik dalam material panas akan menyebabkan terbentuknya reaksi karbonasi

membentuk arang. Arang yang terbentuk akan beradaptasi dengan lingkungan sekitar dan mampu bertahan lama karena tidak dapat diuraikan oleh organisme perusak lagi. Sifatnya yang rapuh, berpori, dan memiliki kadar air tinggi menyebabkan material ini cepat mengalami kerusakan setelah diangkat dari dalam tanah. Konservasi material terarang ini cukup sulit untuk dilakukan sehingga membutuhkan pendekatan yang khusus.

Tingkat kesulitan konservasi material terarang ini kecepatan kerusakannya yang sangat tinggi jika tidak dilakukan konservasi sesaat setelah dikeluarkan dari lingkungan aslinya. Sifatnya yang telah rapuh juga menyulitkan dalam melakukan proses pengangkatan yang aman. Kandungan air yang tinggi juga merupakan sifat khusus yang harus dikendalikan agar kecepatan kerusakannya dapat diperlambat. Temuan material terarang juga cukup langka sehingga tidak ada referensi yang memadai untuk dijadikan acuan penanganan. Penelitian terhadap material terarang sangat sedikit apalagi dari aspek konservasinya. Disisi lain kelangkaan ini menunjukkan tingginya nilai budayanya sehingga harus dilestarikan. Tinggalan budaya terarang sangat penting sebagai data dukung terhadap interpretasi situs arkeologi.

Situs penting yang menyimpan tinggalan arkeologi berupa material terarang adalah situs Liangan dan Tambora.

Balai Konservasi Borobudur telah melaksanakan kajian di kedua situs tersebut untuk mengetahui karakteristik material terarang dan bagaimana upaya yang dapat dilakukan untuk mempertahankan bentuk dan daya tahan material tersebut. Kajian yang dilakukan terdiri atas beberapa tahap yang dilakukan di laboratorium maupun di lapangan. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam melaksanakan konservasi terhadap temuan material terarang baik di Situs Liangan dan Tambora maupun situs lainnya dikemudian hari.

## B. Nilai Penting

Materialinggalan budaya merupakan benda yang pernah terlibat dalam peradaban manusia di masa lampau. Material yang digunakan berasal dari benda-benda sekitar yang dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan, baik dari bahan anorganik seperti batuan dan logam atau bahan organik seperti kayu atau bagian dari binatang. Secara umum, material organik mudah lapuk dan tidak dapat bertahan dalam waktu yang sangat lama. Berbagai agensia pelapukan dapat menyerang material organik dengan lebih cepat.

Kayu adalah salah satu material organik yang banyak digunakan dari jaman dahulu hingga saat ini, sehinggainggalan budaya berbahan kayu banyak ditemukan. Namun sifat kayu

yang mudah diserang oleh organisme perusak menyebabkan kayu sulit bertahan hingga ratusan atau ribuan tahun. Oleh karena itu tinggalan budaya dari masa klasik (masa Hindu-Buddha) yang dijumpai saat ini hanya berupa candi atau struktur batu/bata. Tinggalan berupa hunian tidak lagi ditemukan karena terbuat dari bahan kayu yang tidak mampu bertahan hingga saat ini. Bentuk bangunan di masa itu yang berupa rumah, istana, lumbung dan lain-lain tidak diketahui kecuali hanya dari sumber lain seperti relief candi. Demikian juga dengan ornamen-ornamennya.

Misteri bentuk bangunan dan ornamen yang terbuat dari kayu dari masa lampau ternyata dapat terkuak dari temuan material terarang. Kayu dan material organik lain apabila terpendam dalam tanah akan cepat mengalami pelapukan karena terurai oleh organisme tanah seperti rayap, cacing, jamur, dan bakteri. Namun apabila material tersebut telah terarang, komposisinya berubah menjadi dominan karbon/arang. Karbon bukan lagi nutrisi yang baik bagi organisme pelapuk tersebut, sehingga tidak terurai. Karena tidak terurai maka material yang terarang dapat bertahan lama dan ditemukan kembali dengan bentuk yang masih mirip dengan benda asalnya. Oleh karena itu temuan material terarang memiliki informasi yang sangat penting untuk mengungkap

bentuk bangunan dan ornamen yang terbuat dari kayu dan benda organik lainnya dari masa lampau.

Material terarang memang relatif jarang ditemukan, karena proses pembentukannya yang melalui proses khusus. Sedikitnya temuan tersebut justru merupakan nilai penting tersendiri karena keunikan dan kelangkaannya. Kelangkaan material ini semakin tinggi karena banyak temuan yang tidak dapat diselamatkan karena tidak dikonservasi secara langsung akibat kondisi lapangan yang kurang memungkinkan. Konservasi menjadi sangat penting untuk menyelamatkan temuan terarang agar dapat menjadi data penting penelitian arkeologi selanjutnya.

### C. Proses Terjadinya Material Arang

Artefak terarang atau tinggalan arkeologi dengan material arang dapat terjadi karena aliran piroklastik yang diakibatkan oleh aktivitas vulkanisme pada gunungapi aktif. Aliran piroklastik merupakan salah satu hasil letusan gunungapi yang terdiri dari gas vulkanik, abu vulkanik, dan batuan vulkanik yang menuruni lereng sebuah gunungapi dengan cepat. Aliran piroklastik ini turun dengan kecepatan melebihi 100 km/jam dan suhu yang bisa mencapai 200°C hingga 700°C, kecepatan aliran piroklastik itu sendiri tentu saja sangat bergantung pada

kemiringan lereng dan densitas batuan, abu yang mengalir. Aliran piroklastik biasanya terjadi oleh beberapa faktor seperti runtuhnya kubah lava dan letusan kolom sebuah gunungapi yang kemudian hasil letusan yang naik ke atas tersebut turun lagi ke bawah melalui lereng-lereng gunungapi.



Foto I.1. Aliran piroklastik di Situs Liangan

(Dok: Balar Yogya, 2014)

Awan panas merupakan bagian dari aliran piroklastik. Awan panas ini bisa sangat berbahaya dibandingkan dengan aliran piroklastik lainnya. Awan panas ini bisa mencapai kawasan yang lebih jauh karena materialnya berupa debu dan gas vulkanik yang sangat mudah terbawa angin karena densitasnya yang rendah. Awan panas ini bisa sangat berbahaya karena bisa membakar segala yang ada dihadapannya, karena suhunya yang sangat panas. Dari sekian banyak bahaya yang ditimbulkan gunungapi seperti jatuhnya debu dan batu, aliran

lava, lahar dan hujan asam. Awan panas menduduki peringkat pertama tingkat kebahayaannya.



Foto I.2. Komponen bangunan kuno yang terarang pada Situs Liangan (Dok: BK Borobudur, 2014)



Foto I.3. Artefak lontar ter-arangkan di Situs Liangan (dok.Balar Yogya, 2013)

Aliran lava (lava flow) adalah magma yang keluar dan mengalir dipermukaan. Aliran lava adalah material magma (cairan silikat) bersuhu tinggi, bisa mencapai 1300°C. Hasil endapannya adalah batuan ekstrusif yang masif atau *brecciated*. Material vulkanik yang dikeluarkan oleh Gunung Sindoro pada erupsi, sebagian besar turun melereng lurus menabrak dan menutupi Situs Liangan serta membentuk sungai baru yang saat ini disebut dengan Kali Langit, sebagian dari material vulkanik tersebut turun melewati jalur Kali Progo dan Kali Deres.

Akibat erupsi Gunung Sindoro menyebabkan Situs Liangan terkubur dan masyarakat pendukungnya berjalan menunduk meninggalkan situs tersebut dengan segala hasil kreatifitas mereka. Tinggallah situs ini dengan segala pernik-perniknya terkubur diam membisu di dalam bumi oleh aliran piroklastik bercampur dengan awan panas dan aliran lava yang terus berlangsung yang disusul dengan aliran lahar dingin dan menoreh membentuk sungai (Kali Langit) memisahkan bangunan-bangunan yang awalnya satu kesatuan.

#### D. Temuan Artefak Arang

##### 1. Situs Liangan, Jawa Tengah

Situs Liangan terletak di Dusun Liangan, Desa Purbosari, Kecamatan Ngadirejo, Kabupaten Temanggung

berjarak  $\pm$  20 km arah Timur laut Kota Temanggung, dan  $\pm$  3 km dari kota Kecamatan Ngadirejo. Secara Astronomi Situs Liangan terletak pada koordinat  $7^{\circ} 15' 07,0''$  LS –  $110^{\circ} 01' 37, 4''$  BT, berada di lereng Timur laut Gunung Sindoro pada ketinggian 1.174 m dpl.

Keberadaan tinggalan purbakala di Situs Liangan sebenarnya sudah diketahui cukup lama, karena adanya indikasi temuan artefak seperti Yoni di persawahan. Namun keberadaan tinggalan yang lebih kompleks dari Situs Liangan baru ditemukan pada tahun 2008 ketika dilakukan aktivitas penambangan pasir di daerah tersebut. Sejak saat itu dilakukan penggalian arkeologi bersama dengan penambangan pasir yang cukup intensif. Temuan-temuan selanjutnya semakin membuka pengetahuan tentang kekayaan tinggalan budaya masa Mataram Kuno yang tersimpan. Temuan yang paling membangkitkan keyakinan akan pentingnya Situs Liangan adalah adanya jalan kuno yang tersusun atas tatanan batu. Jalan ini menunjukkan adanya kompleks besar dengan bagian-bagiannya yang satu sama lain terhubung dengan jalan utama ini serta teras-teras yang ada.

Berdasar temuan yang ada saat ini Situs Liangan merupakan situs dengan karakter kompleks yaitu sebagai situs permukiman, situs ritual, dan situs “pertanian”. Kompleksitas

karakter tersebut menunjukkan bahwa Situs Liangan adalah lokasi bekas pedusunan yang pernah berkembang pada masa Mataram Kuno. Area yang ada cukup luas, tidak kurang dari 6 Ha dengan berbagai data arkeologi yang menunjukkan banyaknya unsur dari sebuah “pedusunan” dari masa lampau pada sekitar era Mataram Kuno. Berbagai temuan struktur maupun temuan lepas tersebar dan besar kemungkinan masih banyak yang terpendam di dalam tanah. Penemuan pertama berupa talud, yoni, arca, dan batu-batu candi, penemuan selanjutnya adalah sebuah bangunan candi yang tinggal bagian kakinya dan di atasnya terdapat sebuah Yoni yang sangat unik. Tidak seperti biasanya yang hanya mempunyai satu lubang, Yoni tersebut mempunyai tiga lubang. Temuan selanjutnya adalah temuan rumah panggung dari kayu yang hangus terbakar, berdiri di atas talud dari batu putih setinggi 2,5 m. Penemuan-penemuan struktur lain juga terus terjadi seiring dengan pembukaan lahan untuk sekaligus mengambil pasir yang menutupi situs tersebut. Selain penemuan struktur bangunan dan fitur, temuan artefak lepas juga sangat kaya, terdiri atas keramik-keramik, gerabah, logam, alat-alat pertanian/pertukangan, dan lain-lain.

Secara umum, potensi data arkeologis Situs Liangan sangat tinggi, berdasarkan data yang telah ada antara lain: luas

situs, keragaman temuan berupa bangunan talud, candi, bekas rumah yang terbuat dari kayu dan bambu, struktur-struktur bangunan batu, komponen bangunan candi, lampu dari bahan tanah liat, serta wadah tembikar berbagai bentuk. Ragam data dan karakter ini tergolong istimewa karena dari berbagai situs masa Hindu/Buddha di Jawa Tengah. Situs Liangan adalah satu-satunya situs yang mengandung data arkeologi berupa sisa rumah.

Permasalahan yang dihadapi pada pengambilan data ekskavasi arkeologi maupun penggalian oleh para penambang tradisional adalah kondisi material yang sangat rapuh, karena merupakan material organik. Bencana masa lampau yang terjadi telah menghancurkan struktur rumah serta merubah material organik menjadi arang. Hampir semua material organik berupa kayu, bambu, tulang, dan lain-lain telah menjadi arang dan sangat mudah rusak.

Beberapa tahapan penelitian telah dilakukan dalam rangka memahami nilai penting Situs Liangan oleh beberapa pihak. Penelitian-penelitian tersebut diharapkan dapat mengungkap lebih jauh Situs Liangan dengan nilai-nilai penting yang terkandung, serta melakukan upaya semaksimal mungkin untuk menjaga kelestariannya. Dalam hal kajian pelestarian, Balai Konservasi Borobudur melakukan kajian konservasi



serta wadah tembikar berbagai bentuk. Selain itu juga diperoleh informasi berupa: 1). struktur bangunan batu, 2). temuan tulang dan gigi hewan, dan 3) sisa padi. Berdasarkan gambaran potensi hasil survei penjajagan, maka dapat disimpulkan bahwa Situs Liangan merupakan situs dengan karakter kompleks. Indikasi sebagai situs permukiman, situs ritual, dan situs “pertanian” didapatkan di Situs Liangan. Kompleksitas karakter tersebut membawa ke pemikiran bahwa Situs Liangan adalah bekas pedusunan yang pernah berkembang pada masa Mataram Kuna Periode Jawa Tengah. Ragam data dan karakter ini tergolong istimewa, mengingat inilah satu-satunya situs yang mengandung data arkeologi berupa sisa rumah dari masa Mataram Kuna Periode Jawa Tengah. Batasan imajiner Situs Liangan hasil survey meliputi batas tambang pasir sekarang hingga lokasi temuan yoni. Secara keseluruhan, luas Situs Liangan tidak kurang dari 6 Ha. Di dalam area tersebut data arkeologi tersebar yang menunjukkan sebuah situs “pedusunan masa Mataram Kuna Periode Jawa Tengah”. Mengingat sebagian besar area situs tertimbun lahar yang sekarang ditambang, sangat mungkin luasan situs jauh lebih luas dari hasil survei.

Selain itu, Kegiatan ekskavasi dengan membuka 10 kotak gali yang dilakukan pada tahun 2010 mampu memperoleh

data temuan monumental yaitu struktur bangunan maupun artefaktual berupa fragmen tembikar dan keramik. Pada kegiatan ekskavasi ini juga dilakukan pengambilan sampel arang kayu dan bambu untuk dilakukan analisis kronologi absolut. Hasil ekskavasi yang diperoleh berupa data mengenai sisa-sisa waduk/bendungan kuna, bentuk talud pertanian dan permukiman, serta pagar candi.

Kegiatan ekskavasi pada tahun 2013 yang dilakukan oleh Balai Arkeologi Yogyakarta mendapatkan hasil berupa struktur batu dan beberapa fragmen arang yang merupakan komponen bangunan berkonstruksi kayu. Selain itu, juga dijumpai temuan signifikan yang berupa manuskrip dari lontar yang materialnya telah berubah menjadi arang. Diantara temuan-temuan tersebut, fragmen keramik dan tembikar dari abad VII – X M merupakan temuan yang banyak dijumpai saat pelaksanaan ekskavasi. Oleh para penduduk setempat fragmen tersebut kemudian dirangkai kembali menggunakan perekat dari bahan kimia.



Gambar I.5. Sebaran data arkeologi di Situs Liang berdasarkan peninjauan tahun 2000, 2009, dan penelitian penjajagan tahun 2010 (Dok. Balar Yogya, 2011).

## 2. Situs Tambora, Nusa Tenggara Barat

Secara umum Situs Tambora berada di kawasan hutan tanaman industri yang masih dalam kondisi pemulihan (*recovery*). Kawasan ini pernah menjadi kawasan pembalakan kayu oleh PT. Veneer Product dan selanjutnya juga mengalami eksploitasi oleh penebangan liar. Kondisi pohon-pohon saat ini masih cukup jarang dan hanya sedikit yang berukuran besar. Jenis pohon yang ada cukup bervariasi, dan sebagian merupakan tanaman introdusir pada program reboisasi.

Kondisi hutan dengan pohon yang cukup jarang menyebabkan situs dalam kondisi yang relatif terbuka. Angin dan sinar matahari langsung dapat menerpa situs pada saat-saat

tertentu. Hanya ada beberapa pohon yang tidak terlalu lebar tajuknya yang ada disekitar situs. Pada siang hari yang cerah, sinar matahari dapat mengenai permukaan material yang sedang diekskavasi.

Semak-semak tumbuh cukup lebat mulai dari akses masuk menuju lokasi hingga di sekitar situs. Semak-semak ini sebagian besar terdiri dari tanaman stroberi hutan yang berduri, pakis-pakistan, paku-pakuan, alang-alang, rumput tinggi, dan tanaman perdu lainnya. Semak-semak ini tumbuh sangat pesat sehingga sering menutup akses jalan setapak jika lama tidak dilewati. Lokasi situs dapat dijangkau dari perkebunan kopi di Dusun Oi Bura, Desa Tambora melalui jalan setapak. Meskipun jalan setapak cukup kecil dan tidak rata, namun masih bisa dilewati sepeda motor hingga mendekati lokasi situs.

Riwayat lingkungan di sekitar situs ini cukup menarik karena setelah terjadinya letusan besar tahun 1815, daerah ini mengalami kerusakan yang sangat parah. Dapat dibayangkan besarnya bencana yang dentuman letusannya terdengar sampai Sumatera. Ada laporan yang menyebutkan terdengar suara seperti meriam di Bangka, bahkan Keraton Yogyakarta menyiapkan pasukan karena mengira ada serangan. Dampak semburan material ke udara menyebabkan terjadinya perubahan

iklim yang sangat signifikan. Bahkan tahun 1816 suhu bumi mengalami penurunan hingga menyebabkan Eropa tidak mengalami musim panas (*“Year Without Summer”*). Dampak lanjutan dari perubahan iklim ini juga sangat dahsyat, antara lain gagal panen yang diikuti kelaparan dan epidemi penyakit kolera yang sebelumnya penyakit “lokal” di India menjadi wabah mematikan di dunia (De Jong Boers, 1994). Saat ini kepundan Gunung Tambora berdiameter 7 km dengan kedalaman sekitar 1 km. Sebelum letusan diperkirakan tinggi gunung sekitar 4.000 meter. Sehingga dapat dibayangkan seberapa banyak material yang terlontar ketika terjadi letusan.

Material yang terlontar inilah yang mengubur kawasan sekitar Gunung Tambora, yang menyebabkan 3 kerajaan “hilang” dari peta peradaban. Besar kemungkinan daerah ini tidak dihuni hingga periode yang cukup lama. Beberapa laporan menyebutkan adanya pertemuan dengan manusia rimba yang hidup terisolir di hutan lereng Tambora tahun 1888. Secara umum kawasan ini dianggap sebagai kawasan berbahaya dan banyak binatang buas. Baru tahun 1907 dimulai usaha untuk “mendekati” Gunung Tambora dan menguak misteri yang ada. Perkebunan kopi di lereng Gunung tambora dikembangkan pada 1930-an. Sebagian besar lereng gunung kemudian menjadi hutan lebat dengan pohon-pohon besar.

Pada tahun 1972 dilakukan penebangan pohon-pohon oleh PT. Veneer Product Indonesia yang mendapat hak konsesi seluas 20.000 hektar (De Jong Boers, 1994). Pohon yang pada saat itu banyak tumbuh dan menjadi sasaran pembalakan adalah Duabanga (*Duabanga moluccana*) atau masyarakat lebih mengenal dengan nama pohon Kalanggo. Penebangan oleh PT. Veneer kemudian diikuti dengan pembalakan liar yang tidak terkendali, sehingga kerusakan hutan di sekitar lereng semakin parah.

Pada saat kegiatan penebangan oleh PT. Veneer Product ini dilakukan penataan tanah termasuk pembuatan akses jalan untuk membawa produk logging. Pembuatan jalan inilah yang membuka pengetahuan tentang adanya kawasan pemukiman yang terkubur oleh letusan Gunung Tambora tahun 1815. Proses penggalian dengan alat berat banyak menemukan benda-benda tinggalan berupa sisa-sisa kayu yang menjadi arang dan benda lainnya seperti keramik, logam, dan lain-lain. Kegiatan pembalakan telah lama terhenti dan saat ini hutan sedang mengalami recovery, pepohonan yang ada relatif belum besar dan tidak terlalu padat. Di kawasan inilah dilakukan penelitian ekskavasi untuk mengungkap nilai penting dari tinggalan Kerajaan Tambora yang terkubur letusan gunungapi besar.

Secara umum kondisi temuan arkeologis yang dijumpai dapat dikatakan lengkap. Karena pada situs tersebut dijumpai artefak, ekofak, fitur. Artefak dan ekofak yang dijumpai sebagian besar berupa material arang yang terjadi akibat erupsi Gunung Tambora. Adapun temuan fitur yang ditemukan berupa gejala-gejala pada tanah yang mengindikasikan adanya intervensi budaya pada manusia pada masa lalu. Artefak yang ditemukan sebagian besar berupa komponen bangunan berkonstruksi kayu dan alat pendukung kehidupan sehari-hari pada permukiman di Tambora pada masa lalu. Sementara itu, ekofak yang dijumpai kebanyakan berupa sisa-sisa pohon dan tanaman yang tumbang akibat terjadinya erupsi. Selain artefak dari kayu yang sudah berubah menjadi arang, juga ditemukan artefak yang berbahan batu ataupun logam.

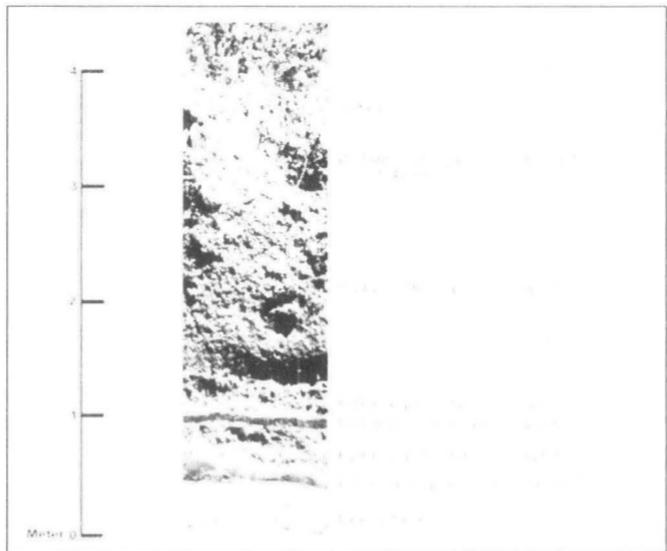
Temuan artefaktual signifikan yang dijumpai pada kotak ekskavasi Pusat Arkeologi Nasional tahun 2013 di antaranya berupa struktur bangunan berkonstruksi kayu, alat-alat pertanian, dan alat rumah tangga. Adapun material utama dari artefak tersebut adalah kayu yang sudah sebagian atau seluruhnya berubah menjadi arang karena erupsi Gunung Tambora. Artefak bermaterial arang tersebut sifatnya sangat rapuh, sehingga apabila terekspos oleh udara secara langsung dan kering secara tidak terkendali akan menimbulkan

kehancuran. Sehingga perawatan temuan harus sangat berhati-hati, baik pada saat ekskavasi maupun saat pengangkatan. Cara pengangkatan yang salah akan menghancurkan material arang tersebut sehingga akan sangat sulit untuk dikonsolidasi. Sebagian besar temuan signifikan berupa struktur bangunan berkonstruksi kayu dan alat-alat pertanian pada kotak ekskavasi Pusat Arkeologi Nasional kemudian ditimbun kembali untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Akan tetapi, apabila dari hasil kajian ini dapat menemukan metode terbaik untuk mengangkat temuan tersebut, maka semua artefak tersebut akan diangkat dan direkonstruksi.

Kondisi tanah di kotak galian Situs Tambora berlapis-lapis. Lapisan tanah asli di bagian paling bawah tertutup oleh beberapa lapisan tanah di atasnya akibat erupsi Gunung Tambora, baik berupa bekas timbunan material panas maupun pengendapan lanjutan. Sedikitnya ada lima lapisan tanah di atas tanah asli dengan ketebalan yang berbeda-beda antara satu lokasi dengan lokasi lainnya.

Kondisi lapisan-lapisan tanah tersebut terjadi karena erupsi Gunung Tambora yang terjadi pada 1815 berlangsung pada beberapa tahap. Pada tahap awal telah terjadi hujan abu yang selanjutnya disusul dengan material yang lebih kasar berupa pumice. Pada tahap selanjutnya yang merupakan puncak

erupsi terjadi semburan material piroklastik. Selain berupa semburan, material piroklastik yang dihasilkan juga berupa aliran yang selanjutnya mengalami pengendapan pada lapisan lebih atas. Pengendapan-pengendapan lebih lanjut juga terjadi pasca terjadinya letusan besar Gunung Tambora. Kondisi lapisan-lapisan tanah ini telah diteliti oleh Sutawijaya, Sigurdsson, dan Abrams (2006). Kondisi stratigrafi tanah di Tambora menurut hasil penelitian tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar I.6. Stratigrafi tanah di Situs Tambora yang menggambarkan tahapan-tahapan erupsi Gunung Tambora 1815 menurut penelitian Sutawijaya, Sigurdsson, dan Abrams (2006)

## **BAB II KARAKTERISTIK MATERIAL DAN PERMASALAHAN KONSERVASI**

Langkah awal dalam konservasi adalah pemahaman terhadap material dan gejala kerusakan/pelapukannya. Tahap ini sering disebut sebagai anamnesis, untuk menghimpun sebanyak mungkin data dan informasi sehingga karakteristik dan kondisi material dapat dipahami. Pemahaman ini menjadi dasar bagi pengembangan metode konservasinya, yang dapat berupa tindakan preventif (misalnya membuat bangunan pelindung) atau kuratif berupa intervensi langsung terhadap material.

### **A. Kecepatan Pelapukan Material Arang Terekspos**

Karena kerentanan utama material terarang adalah kecepatan kerapuhannya setelah terekspos, maka laju kerusakan merupakan uji pertama yang dilakukan. Kegiatan pengujian kecepatan pelapukan material arang yang terekspos ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kondisi sampel yang terekspos di udara luar setelah penggalian. Bagaimana kerusakan material yang terjadi dan seberapa cepat proses kerusakan berlangsung. Berdasarkan data yang diperoleh dapat diketahui gambaran interaksi material dengan lingkungan selama diekspos. Material yang terekspos akan mengalami beberapa gejala kerusakan,

antara lain retak, terdapat bagian yang lepas, dan semakin rapuh. Data pengukuran kandungan air menunjukkan bahwa selama ekspos, kandungan air akan menurun secara bertahap. Penurunan ini terjadi karena kandungan air dalam material sangat tinggi, dan kelembaban udara pada saat ekskavasi relatif rendah. Air akan keluar dari dalam material ke udara. Pada proses keluarnya air ini akan menyebabkan perubahan sifat material kayu, karena adanya rongga yang ditinggalkan. Proses keluarnya air ini juga akan menyebabkan pengkerutan material karena sifat air yang menarik permukaan pori-pori pada saat keluar dari dalam material. Pengujian ekspos ini dapat menjelaskan kerusakan yang terjadi dari material setelah diangkat dari tanah.



Foto II.1. Uji Ekspos material temuan arang di Situs Liangan untuk mengetahui laju kerusakan (dok.BK Borobudur, 2011).



Foto II.2. Uji Ekspos material temuan arang di Situs Tambora untuk mengetahui laju kerusakan

Meskipun laju kerusakan berupa kerapuhan sangat tinggi, namun pengkerutan yang terjadi tidak terlalu besar. Fenomena ini berbeda dengan kayu bawah air (*waterlogged wood*) yang apabila diangkat kerusakan utama yang terjadi adalah pengkerutan yang ekstrim. Hal ini disebabkan karena sel-sel kayu telah berubah secara total pada saat berubah menjadi arang. Hal ini sangat berbeda dengan kayu bawah air yang belum menjadi arang, dimana pengkerutan yang terjadi bisa sangat ekstrim. Kayu yang belum menjadi arang masih memiliki dinding sel alami yang akan mengalami perubahan drastis jika air di dalamnya keluar. Kayu yang telah menjadi arang sebagaimana sampel yang diuji pada penelitian ini dinding selnya sudah rusak dan sifat-sifat alami sel sudah hilang. Dampak yang terjadi pada peristiwa pengeringan lebih pada

kerapuhan material, karena pada dasarnya arang merupakan material yang rapuh.

Sifat sel kayu yang telah rusak memungkinkan untuk dilakukan metode konservasi dengan cara konsolidasi. Cara yang dapat dipilih adalah konsolidasi dengan bahan konsolidan menggunakan pelarut yang sesuai. Bahan konsolidan yang umum digunakan adalah Paraloid B-72 yang relatif mudah didapat dan memiliki sifat konsolidasi yang cukup baik. Pelarut akan menentukan penetrasi bahan ke dalam material, sehingga pemilihan pelarut akan menjadi kajian yang penting untuk dilakukan.

## B. Observasi Artefak di Lapangan

Artefak arang memiliki kerentanan yang tinggi karena sangat mudah rusak setelah terekspos. Material arang bahkan dapat rusak dengan sendirinya jika dibiarkan dalam kondisi terbuka. Mengingat temuan arang memiliki nilai penting yang tinggi serta tingkat kelangkaan yang juga tinggi, maka upaya pelestarian artefak ini harus diutamakan. Artefak arang yang biasa dijumpai merupakan komponen dari sebuah bangunan kuna berkonstruksi kayu. Komponen bangunan tersebut dapat diindikasikan sebagai bagian dari atap, lantai, ataupun tiang penyangga bangunan. Hal ini bisa diketahui dari bentuk dan

ukurannya. Artefak tersebut merupakan artefak yang rapuh dan sangat mudah rusak karena hampir seluruh artefak tersebut telah terarangkan. Setelah dilakukan penelitian, temuan arang tersebut ditangani dengan cara ditutup menggunakan plastik terpal. Hal ini dilakukan supaya temuan arang tidak mudah rusak dan hancur.

Langkah–langkah kegiatan yang dilakukan pada saat observasi di Situs Liangan terhadap temuan arang adalah sebagai berikut :

1. Pembukaan tanah yang menutupi arang
2. Pengukuran kelembaban temuan arang menggunakan alat protimeter
3. Pengukuran suhu temuan arang menggunakan thermometer infrared
4. Pengukuran kekerasan arang menggunakan pensil dengan berbagai ukuran kekerasannya (sampai dengan 8B).
5. Pencatatan data lapangan
6. Pendokumentasian



Foto II.3. Pembukaan lapisan tanah



Foto II.4. Pengukuran kelembaban arang dengan menggunakan alat



Foto II.5. Pengukuran kekerasan arang menggunakan pensil ukuran B sampai



Foto II.6. Pengukuran suhu arang dengan menggunakan thermometer infrared



Foto II.7. Pencatatan data



Foto II.8. Pendokumentasian

Hasil temuan arang di Situs Liangan yang berhasil diobservasi berjumlah 9 lokasi. Terlihat pada tabel berikut :

Tabel III.1. Contoh Hasil Observasi Temuan Arang

No	Material	Ukuran	Bentuk	Kelembaban	Suhu	
1.	Temuan Arang I	3 m x 2,5	Arang Balok Kayu	36,2% - 52,3%	26° - 28°	Setara dengan pensil 8b
2.	Temuan Arang II	Keliling 29 m	Arang Balok Kayu	13,1% - 27,9%	21° - 34°	Setara dengan pensil 6b sampai 8b
3.	Temuan Arang III	2,5 m x 3 m	Papan Kayu tempat Tidur (Dipan)	16,7% - 26,4%	27° - 35°	Setara dengan pensil 8b
4.	Temuan Arang IV	2,8 m x 2,5 m	Pagar Bambu	10,9% - 11,2%	32° - 35°	Setara dengan pensil 8b
5.	Temuan Arang V	2 m x 3 m	Pagar Bambu	10,8%	20°	lebih lunak dari pensil 8b
6.	Temuan Arang VI		Pagar Bambu	6,6% - 7,8%	23° - 26°	setara dengan pensil 8b
7.	Temuan Arang VII		Arang Balok Kayu	10,7% - 14,5%	22° - 26°	setara dengan pensil 8b
8.	Temuan Arang VIII	7,5 m x 6 m	Arang Balok Kayu	22,8% - 30,6%	17°	lebih lunak dari pensil 8b
9.	Temuan Arang IX		Arang Balok Kayu	7,4% - 8,2%	25°	setara dengan pensil 7b-8b



Foto II.9. Temuan arang I



Foto II.10. Temuan arang II

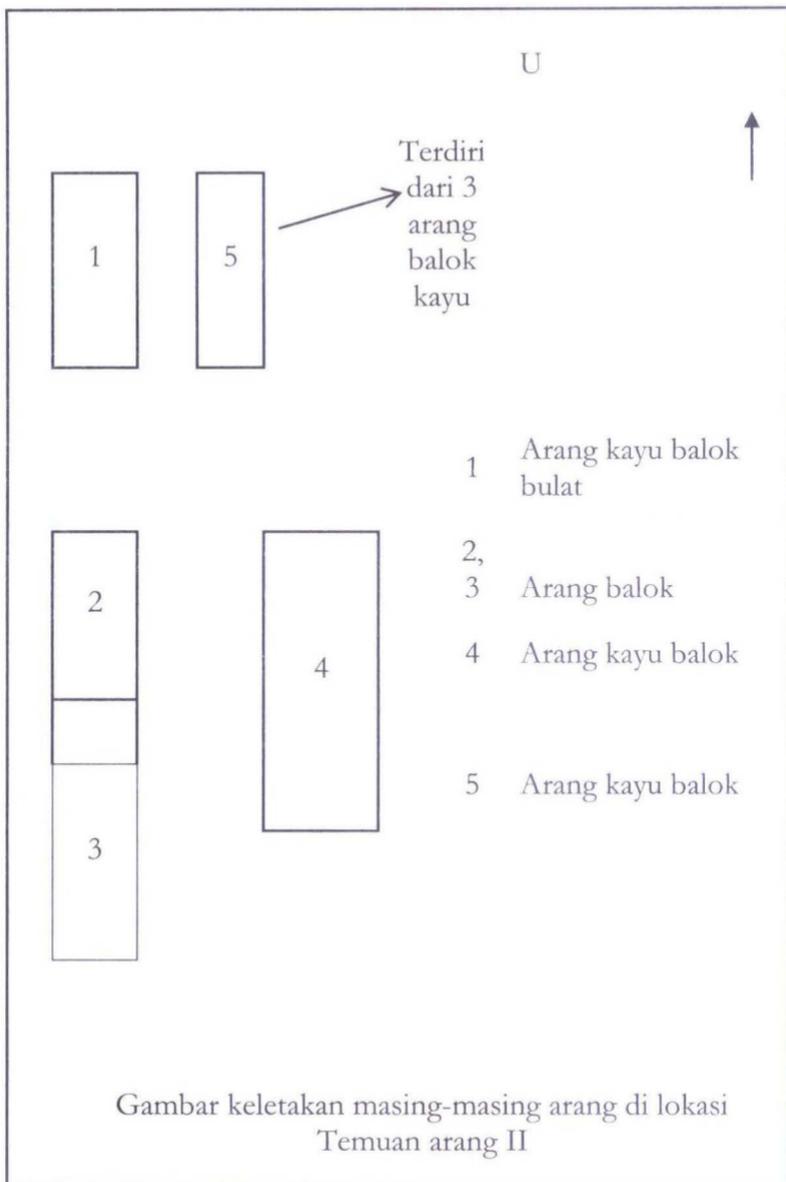




Foto II.11. Temuan arang III

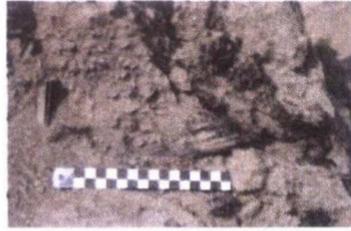


Foto II.12. Temuan arang IV

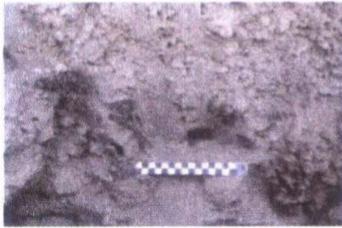


Foto II.13. Temuan arang V

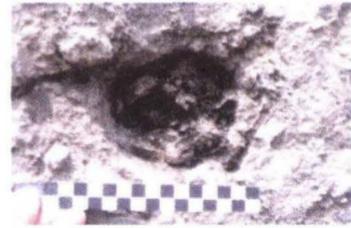


Foto II.14. Temuan arang VI



Foto II.15. Temuan arang VII



Foto II.16. Temuan arang VIII



Foto II.17. Temuan arang IX

### C. Tindakan Pra Konservasi

Tindakan konservasi dapat dilakukan di lokasi atau dibawa ke laboratorium. Konservasi di lokasi memiliki keunggulan karena dapat langsung bekerja pada objek yang masih pada lingkungan aslinya. Namun tidak semua situs memiliki akses yang mudah untuk membawa dan mempersiapkan semua alat dan bahan untuk konservasi di tempat.

Mengingat material mudah mengalami kerusakan apabila terekspos, maka perlu tindakan yang khusus sebelum tindakan konservasi siap dilaksanakan. Pada prinsipnya, menjaga benda tetap dalam kondisi lingkungan aslinya merupakan cara yang terbaik. Namun seringkali benda telah terbuka karena dilakukan penelitian arkeologi. Oleh karena itu kondisi objek harus dilindungi dan dijaga agar tidak terlalu jauh berubah dari kondisi aslinya. Apabila telah selesai dilakukan penelitian arkeologi, objek dapat ditutup dengan pelindung dan ditimbun kembali. Apabila tidak dapat ditimbun karena kondisi situs yang sudah terbuka, maka harus ditutup dengan pelindung dengan sebaik mungkin.

Penimbunan dan penutupan terutama untuk mempertahankan kandungan air yang ada dalam material,

karena apabila kehilangan kandungan airnya material terarang akan menjadi rusak. Selain itu juga untuk melindungi objek dari faktor lingkungan lain seperti angin, sinar matahari, aliran air deras, dan lain-lain. Apabila objek akan diangkat dan dikonservasi di tempat lain, maka harus dipersiapkan pengangkatan dan metode transportasinya.

Transportasi material sangat penting untuk diteliti secara lebih mendalam, karena material sangat mudah rusak setelah diekskavasi. Dalam pengalaman ekskavasi terdahulu, material yang diangkat dari kotak galian cepat sekali rusak. Jika konservasi tidak bisa dilakukan di situs, maka penting untuk mengetahui cara yang aman agar benda dapat sampai ke laboratorium dalam kondisi masih baik. Dalam penelitian ini terdapat beberapa sampel temuan yang akan dikonservasi di laboratorium. Sebagian sampel digunakan untuk uji coba dan sebagian lainnya akan dikonservasi.

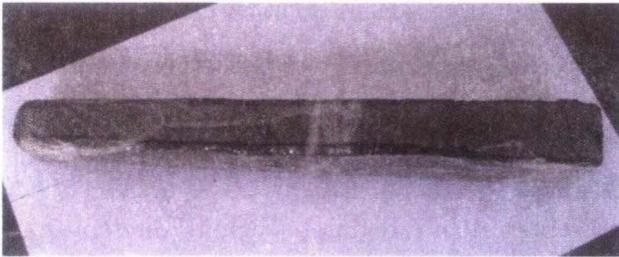
Metode yang dikembangkan untuk transportasi adalah sebagai berikut :

1. Sampel yang akan dibawa dibersihkan secara manual dengan kuas halus untuk menghilangkan tanah dan pengotor lainnya;

2. Sampel segera dibungkus dengan plastik wrap dengan kencang dan rapat sehingga tidak ada bagian yang terbuka;
3. Sampel yang telah dibungkus dengan plastik wrap dimasukkan dalam kotak plastik sesuai ukuran sampel. Pada bagian bawah ditempatkan koran bekas dan lembaran busa. Koran bekas dan busa dibasahi dengan air, dan dijaga agar selalau basah. Sampel ditempatkan diatas busa, dan selanjutnya ditutup lagi dengan busa. Apabila masih ada tempat, dapat dimasukkan beberapa sampel dengan diberi bantalan busa agar satu sama lain tidak saling bergesekan;
4. Air dapat ditambahkan untuk memastikan kondisi kotak selalu basah. Isi kotak diusahakan penuh dengan sampel dan busa atau koran bekas sehingga isi di dalam kotak dapat stabil/tidak terguncang;
5. Setelah sampai di lokasi dapat dibuka untuk mengecek, namun kondisi ini dapat dipertahankan sampai dilakukan konservasi.

Berdasarkan perlakuan yang dilakukan, kondisi material selama transportasi masih baik. Tidak terjadi kerusakan atau perubahan kerapuhan material. Namun harus dicatat untuk selalu memastikan kondisi dalam ruang kotak plastik selalu basah. Air ditambahkan secara periodik pada busa dan koran,

sehingga tetap lembab. Hasil ini sejalan dengan pengujian ekspos di atas, dimana material mengalami kerusakan yang sangat pesat seiring dengan perubahan (penurunan) kadar air dalam material. Jika kondisi kelembaban ruang dapat dibuat tinggi, maka kadar air dalam meterial tidak turun. Plastik wrap pembungkus sampel juga membantu mempertahankan kadar air dalam material. Jika kadar air dalam material dapat dipertahankan, maka material tidak mengalami perubahan atau kerapuhan.



(a)



(b)

Foto II.18. (a) dan (b) Metode transportasi material dari situs dengan plastik wrap dan container box.

## BAB III METODE KONSERVASI

Konservasi secara keseluruhan merupakan rangkaian pekerjaan yang panjang. Sebelum mengarah pada tindakan konservasi, maka semua data dan analisis mengenai karakteristik dan kondisi telah dipahami dengan baik. Hal ini karena konservasi merupakan pekerjaan yang harus dapat dipertanggungjawabkan secara teknis akademis, sehingga harus berdasarkan pendekatan yang ilmiah.

Tindakan konservasi yang dilakukan harus menasar pada permasalahan yang terjadi secara efektif dan tidak menyebabkan dampak negative terhadap cagar budayanya. Tindakan konservasi yang dilakukan perlu dikaji secara mendalam terlebih dahulu sebelum diterapkan. Pengkajian dimulai dengan berbagai uji dan pilihan metode dengan benda uji yang sesuai, kemudian dilakukan uji di lapangan sebelum benar-benar dapat diterapkan.

### A. Tindakan Konservasi yang Dilakukan

Berdasarkan analisis terhadap karakteristik material dan permasalahan konservasi yang dihadapi pada material terarang beberapa tindakan perlu dilakukan. Tindakan yang diambil

disesuaikan dengan kondisi material dan kondisi situsnya. Beberapa tindakan konservasi yang perlu dilakukan antara lain:

1. Konsolidasi material

Permasalahan paling utama yang dihadapi dalam konservasi material arang adalah kerapuhan. Kondisi arang yang rapuh umumnya sangat mudah rusak, dengan sentuhan ringan saja akan rusak/rontok. Oleh karena itu upaya konservasi yang harus didahulukan adalah mengatasi kerapuhan. Upaya untuk meningkatkan kekuatan ikatan antar partikel dalam material sehingga material menjadi kuat kembali disebut sebagai konsolidasi.

Konsolidasi dilakukan untuk mencegah lepasnya ikatan di dalam material yang berakibat benda menjadi rapuh/rontok. Mekanisme konsolidasi yang terjadi adalah pembentukan kembali ikatan/jembatan antar partikel baik secara fisika maupun kimia. Dengan adanya ikatan yang baru maka material menjadi kompak kembali dan cukup kuat, serta dapat bertahan untuk jangka yang lebih panjang.

Bahan yang digunakan untuk konsolidasi disebut sebagai konsolidan. Bahan konsolidan yang umum digunakan di bidang pelestarian material cagar budaya bermacam-macam dan terus berkembang. Pemilihan

bahan konsolidan yang digunakan disesuaikan dengan jenis material yang dikonsolidasi dan hasil konsolidasi yang diharapkan. Sebagai contoh, untuk bahan batuan digunakan konsolidan berbasis silikat yang akan membentuk ikatan baru berupa “jembatan silika” secara kimiawi. Material cagar budaya organik seperti kayu banyak menggunakan konsolidan berbahan polimer seperti akriloid (Banyak dipasarkan dengan merek dagang Paraloid B-72). Bahan kayu bawah air yang menyimpan air dalam kadar yang sangat tinggi dikonsolidasi dengan bahan impregnasi Polietilen Glikol (PEG). Untuk material terarang perlu dilakukan percobaan untuk menentukan jenis bahan konsolidan yang sesuai. Pengujian beberapa jenis konsolidan akan dijelaskan pada bagian selanjutnya dari Bab ini.

## 2. Pengendalian Lingkungan

Pengendalian lingkungan sangat penting dilakukan untuk memberikan perlindungan yang cukup bagi material, baik yang telah dikonservasi maupun yang belum dikonservasi. Material terarang sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga sebelum dilakukan konservasi sebaiknya kondisi lingkungan dijaga

tetap stabil. Pada saat proses ekskavasi kondisi lingkungan menjadi lebih terbuka, apalagi jika dilakukan pengangkatan.

Pengendalian lingkungan dapat dilakukan dengan cara penimbunan kembali disertai dengan penataan lingkungan sekitarnya. Lingkungan sekitar dijaga agar tidak terjadi penyingkapan yang tidak dikehendaki, penyinaran matahari berlebih, atau aliran air yang terlalu deras, serta dari gangguan manusia. Pengendalian lingkungan yang baik dapat menjaga material tetap dalam kondisi yang baik hingga saatnya dikonservasi.

Material yang telah dikonservasi juga membutuhkan kondisi lingkungan mikro yang sesuai agar dapat tetap awet. Lokasi penyimpanan dalam ruangan yang tidak terlalu panas dan lembab merupakan kondisi yang ideal. Apabila tidak dalam kondisi didisplay, dapat disimpan dalam wadah yang rapat sehingga lebih aman.

### 3. Pemasangan Bangunan Pelindung

Dalam beberapa kasus dikehendaki material terarang yang tetap pada posisi aslinya. Dalam kondisi ini, maka material dikonservasi tanpa diangkat dengan bahan konservan yang sesuai. Setelah dikonservasi maka kondisi lingkungan harus dijaga dengan baik. Oleh karena itu perlu dibuat bangunan pelindung. Tanpa bangunan pelindung

sangat sulit menjaga kondisi lingkungan sekitar objek tetap stabil. Kondisi terbuka akan menyebabkan sinar matahari langsung dapat mengenai objek dan akan sangat merusak. Tanpa bangunan pelindung air hujan juga akan mengenai material secara langsung.

Bentuk bangunan pelindung harus disesuaikan agar selaras dengan nilai penting cagar budaya dan budaya lokal. Desain bangunan dapat berupa bangunan berdinding penuh atau semi terbuka. Bangunan sebaiknya berupa bangunan semi permanen dengan tiang dan umpak sehingga tidak membutuhkan fondasi besar yang dapat merusak situs pada saat pembangunan.

#### 4. Penyangga dan Penyimpanan

Meskipun telah dikonservasi material terarang belum cukup kuat apabila akan dipindah, terutama objek yang berukuran besar. Kondisi yang telah rapuh menyebabkan benda akan mudah patah dan pecah, karena konservasi hanya bersifat memperkuat ikatan antar partikel dan tidak memberikan kekuatan struktur yang baru. Oleh karena itu, penggunaan penyangga (support) masih diperlukan apabila akan mengangkat atau memindahkan objek.

Penyangga yang cocok digunakan berdasarkan percobaan adalah bahan busa poliuretan (polyurethane foam). Bahan ini pada mulanya berupa cairan dua komponen, pada saat akan digunakan kedua komponen tersebut dicampurkan. Sesaat setelah tercampur, bahan poliuretan akan mengembang membentuk busa. Pengembangan busa akan mengikuti bentuk benda yang disupport. Beberapa menit setelah aplikasi, busa akan mengeras dan dapat berfungsi menjadi penyangga dengan baik. Karena sifatnya yang lengket, maka sebelum aplikasi benda yang disupport diberi lapisan pelindung dari bahan plastik yang tipis. Contoh gambar aplikasi bahan penyangga adalah sebagai berikut :



Foto III.1. Pengaplikasian busa poliuretan untuk menyangga material terarang

Hal lain yang harus diperhatikan setelah kegiatan konservasi adalah penyimpanan. Karena meskipun telah

dikonservasi material terarang masing cukup rentan oleh tekanan mekanis dan pengaruh lingkungan. Penyimpanan sebaiknya dapat menghindarkan benda dari sentuhan pengujung, dan tekanan mekanis lainnya. Kondisi ruang penyimpanan juga sebaiknya memiliki suhu dan kelembaban relatif yang rendah dan cukup stabil.

### Uji Konsolidasi dengan Paraloid B-72

#### 1. Pengujian Pelarut untuk Penetrasi Bahan yang Optimum

Untuk mengetahui efektivitas dari bahan konsolidan pada sampel arang maka salah satu bahan yang diaplikasikan adalah Paraloid B-72 dengan konsentrasi 5 % yang dilarutkan dengan pelarut Etanol, Aseton, Iso Butil Metil Keton (IBMK), Etil Asetat, dan Xylol. Metode aplikasi paraloid dengan berbagai pelarut tersebut adalah dengan pengolesan pada permukaan sampel arang hingga bahan konsolidan tersebut meresap. Akan tetapi untuk mengetahui efektivitas konsolidan maka hal pertama yang harus dilakukan adalah mengukur kekerasan sampel arang. Karena keberhasilan dari bahan konsolidan salah satunya dinilai berdasarkan kekerasan arang setelah aplikasi bahan konsolidan. Untuk mengukur kekerasan sampel arang digunakan pensil dengan berbagai ukuran kekerasan. Pensil

yang digunakan memiliki satuan kekerasan H dan B. Semakin tinggi nilai pensil B, maka pensil tersebut semakin lunak dan mudah patah. Hal ini berbanding terbalik dengan pensil H, semakin besar nilai pensil H maka pensil tersebut akan semakin keras.



Foto III.2.

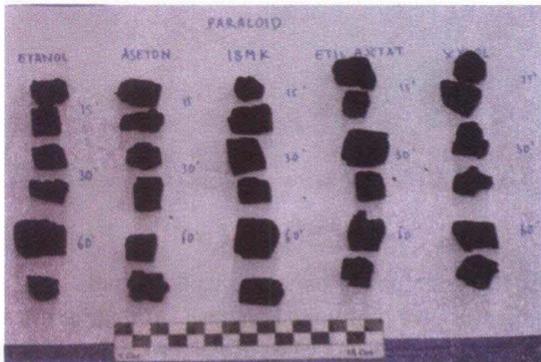


Foto III.3.

Foto III.2, III.3. Proses percobaan pada sampel arang Situs Tambora dan Situs Liangan menggunakan konsolidan paraloid B-72 dengan menggunakan berbagai jenis pelarut.



Foto III.4

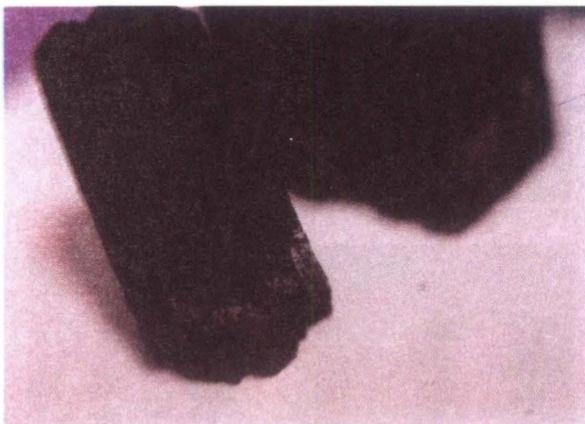


Foto III.5

Foto III.4, III.5. Hasil percobaan bahan konsolidan pada sampel arang (atas). Beberapa diantaranya menunjukkan hasil kurang memuaskan karena meninggalkan noda putih setelah terekspos (bawah).

Setelah pengukuran kekerasan, percobaan selanjutnya adalah melakukan perendaman sampel arang pada bahan konsolidan dengan dibatasi waktu perendamannya. Waktu perendaman sampel di bagi menjadi tiga kelompok, yakni 15 detik, 30 detik, dan 60 detik. Setelah dilakukan perendaman pada beberapa sampel arang dengan beberapa macam pelarut, maka langkah selanjutnya adalah menghitung kembali kekerasan sampel arang setelah kering. Sama halnya dengan pengukuran kekerasan sebelum perendaman, pengukuran kekerasan juga dilakukan menggunakan pensil H dan B.

Di bawah ini merupakan hasil dari uji efektivitas bahan konsolidan seperti yang disebutkan di atas :

Tabel III.1. Pengujian dengan perendaman menggunakan bahan konsolidan Paraloid B-72 dengan skala ukuran kekerasan menggunakan pensil H dan B pada sampel arang Situs Liangan.

Bahan Konsolidan										
	Etanol		Aseton		IBMK		Etil Asetat		Xylol	
	15 detik		15 detik		15 detik		15 detik		15 detik	
	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	Ssd
1	5B	4B	5B	B	B	B	3B	2B	5B	3B
2	6B	5B	4B	2B	B	HB	4B	3B	5B	3B
Bahan Konsolidan										
	30 detik		30 detik		30 detik		30 detik		30 detik	
	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	ssd
1	5B	4B	2B	B	6B	5B	4B	2B	8B	5B
2	5B	4B	5B	3B	8B	B	3B	2B	4B	3B
Bahan Konsolidan										
	60 detik		60 detik		60 detik		60 detik		60 detik	
	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	ssd
1	5B	3B	3B	B	B	HB	4B	2B	8B	5B
2	5B	3B	5B	4B	4B	3B	4B	2B	7B	5B

Tabel III.2. Pengujian dengan perendaman menggunakan bahan konsolidan Paraloid B-72 dengan skala ukuran kekerasan menggunakan pensil H dan B pada sampel arang Situs Tambora.

Bahan Konsolidan										
	Etanol		Aseton		IMBK		Etil Asetat		Xylol	
	15 detik		15 detik		15 detik		15 detik		15 detik	
	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	ssd	sbl	ssd
1	8B	4B	3B	2H	8B	8B	8B	5B	8B	8

2	8B	6B	4B	3H	8B	8B	H	5H	B	2H
	30 detik		30 detik		30 detik		30 detik		30 detik	
	sbl	ssd								
1	B	2H	8B	HB	6B	3B	6B	4B	8B	5B
2	HB	2H	H	5H	3B	B	8B	4B	7B	5B
	60 detik		60 detik		60 detik		60 detik		60 detik	
	sbl	ssd								
1	8B	6B	5B	H	4B	3B	5B	3B	6B	6B
2	8B	6B	B	3H	5B	5B	4B	H	2B	H

Berdasarkan data di atas maka secara sementara dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan konsolidan Paraloid B-72 secara umum efektif untuk meningkatkan kekerasan sampel arang. Namun demikian, hal lain yang tidak kalah penting untuk dipertimbangkan adalah menyangkut warna dan tekstur. Hal ini dikarenakan, pada beberapa pelarut, di antaranya aseton dan etanol menyebabkan adanya bercak putih pada fragmen arang. Selain itu, permukaan arang juga kelihatan mengkilap sehingga secara estetis terkesan bukan merupakan fragmen artefak dari masa lalu.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan seperti tersebut di atas, didapatkan hasil bahwa paraloid yang dilarutkan dalam etil asetat dengan konsentrasi 5 % dinilai memberikan hasil yang positif. Hal ini dapat dilihat pada hasil percobaan, bahwa paraloid dengan pelarut etil asetat dapat memperkuat sampel arang, tidak menimbulkan noda putih pada bagian yang diaplikasi, dan tidak membuat sampel arang menjadi mengkilap.

Berdasarkan hasil percobaan di atas, maka penggunaan paraloid dengan pelarut etil asetat dinilai memberikan hasil yang positif. Sehingga bahan konservan tersebut akan dipaliskasikan dalam melakukan treatmen di lapangan, khususnya pada Situs Tambora di Nusa Tenggara Barat.

## 2. Uji Penerapan Konsolidan Paraloid B-72

Untuk memecahkan masalah kerusakan material yang cepat pada saat terekspos, telah dilakukan percobaan dengan beberapa bahan. Percobaan ini bertujuan untuk mencari bahan dan metode aplikasi yang sesuai untuk material yang diekskavasi agar tidak rusak. Metode pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

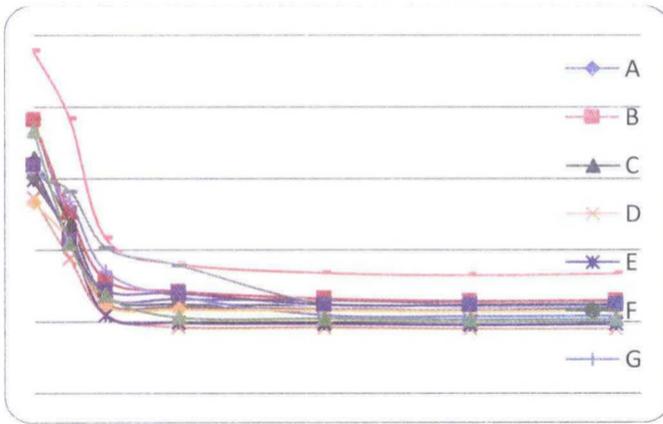
- a. Sampel diberi perlakuan dengan beberapa variasi. Variasi yang dilakukan adalah, konsolidan Paraloid B72 dengan pelarut aseton (2,5%) dan etil asetat (2,5% dan 5%). Untuk konsolidan Paraloid B72 masing-masing diuji dengan variasi cara aplikasi, yaitu dioles 1 x, 2 x, dan 3 x, serta direndam.
- b. Setelah diberi perlakuan konsolidasi, sampel dibiarkan pada udara terbuka. Selanjutnya secara periodik (6, 12, 24, 48, 72, dan 96 jam) dilakukan pengamatan, yang meliputi penimbangan berat dan plot gambar di atas kertas. Selain itu, juga dilakukan pengamatan fisik untuk mengamati apakah terjadi peningkatan kekerasan dan stabilitas fisik.
- c. Data yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui efektivitas konsolidasi. Selain sampel yang diberi perlakuan, dilakukan juga pengamatan dengan cara yang sama terhadap sampel tanpa perlakuan sebagai kontrol atau pembanding.

Setelah dilakukan aplikasi maka efektivitas konsolidasi diamati melalui perubahan berat dan kondisi sampel selama proses pengeringan. Adapun data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel III.3. Data perubahan berat sampel (gram) selama proses pengeringan alami.

No	Sampel	Waktu pengeringan alami (jam)						
		0	6	12	24	48	72	96
1	A	3,8179	2,3447	1,3420	1,3012	1,2871	1,2478	1,2499
2	B	3,8140	2,5106	1,5712	1,4112	1,3094	1,2760	1,2869
3	C	3,2897	2,3556	1,3502	1,2440	1,2330	1,2109	1,2246
4	D	2,7220	1,8736	1,0843	0,9137	0,9121	0,8916	0,8924
5	E	2,9657	2,1771	1,0803	0,9761	0,9643	0,9483	0,9586
6	F	3,0373	2,1691	1,2521	1,1956	1,1692	1,1500	1,1851
7	G	3,1520	2,6664	1,6972	1,3456	1,0822	1,0668	1,0756
8	H	4,7741	3,8287	2,1553	1,7956	1,6722	1,6402	1,6617
9	I	3,0382	2,8125	2,0273	1,7795	1,2437	1,2326	1,2403
10	J	2,6592	2,1150	1,2272	1,1669	1,1554	1,1382	1,1516
11	Q	3,1765	2,1354	1,4318	1,3876	1,2303	1,2214	1,2287
12	R	3,6515	2,0825	1,3545	1,0530	1,0380	1,0210	1,0308

Dari tabel di atas, diperoleh grafik sebagai berikut.



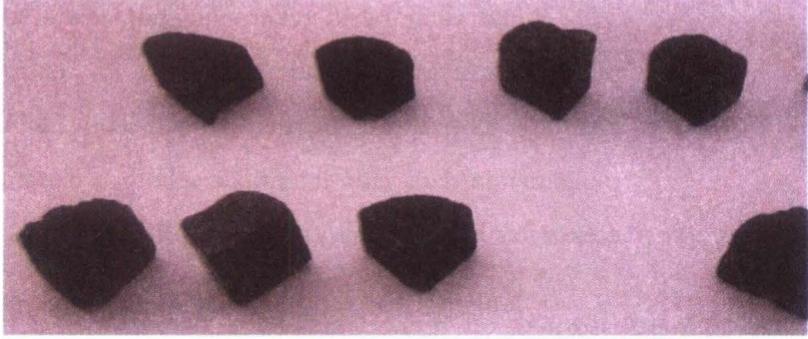
Grafik III.1. Perubahan berat sampel (gram) selama proses pengeringan alami.

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dihitung kadar air dalam material. Kadar air dihitung dari berat air yang hilang selama proses pengeringan dibagi dengan berat kering sampel. Sehingga untuk sampel dengan kadar air tinggi dapat mencapai nilai lebih dari 100%. Data kadar air yang diperoleh adalah sebagai berikut;

Tabel III.4. Kadar air sampel setelah dilakukan beberapa treatment

No	Sampel	Keterangan		Kadar air (%)	Pengamatan
		Bahan treatment	Metode		
1	A	Paraloid 2,5% dalam aseton	Oles 1 x	206	Cukup keras, mengkilap
2	B	Paraloid 2,5% dalam aseton	Oles 2 x	199	Cukup keras, mengkilap
3	C	Paraloid 2,5% dalam aseton	Oles 3 x	172	Cukup keras, mengkilap
4	D	Paraloid 2,5% dalam etil asetat	Oles 1 x	205	Cukup keras
5	E	Paraloid 2,5% dalam etil asetat	Oles 2 x	213	Cukup keras
6	F	Paraloid 2,5% dalam etil asetat	Oles 3 x	164	Cukup keras
7	G	Paraloid 5% dalam etil asetat	Oles 1 x	195	Cukup keras
8	H	Paraloid 5% dalam etil asetat	Oles 2 x	191	Cukup keras
9	I	Paraloid 5% dalam etil asetat	Oles 3 x	146	Cukup keras
10	J	Paraloid 5% dalam etil asetat	Rendam	134	Cukup keras
11	Q	Paraloid 2,5% dalam etil asetat	Rendam	160	Cukup keras
12	R	Tanpa treatment (Kontrol)		258	Rapuh, pecah

Tabel III.5. Perbandingan sampel setelah dilakukan beberapa treatment dan tanpa treatment

Tanpa treatment (R)	
Dengan treatment (A-Q)	

Kekerasan sampel juga sampai bagian dalam. Berikut ini foto sampel yang dibelah dan diamati kekerasan bagian tengahnya.

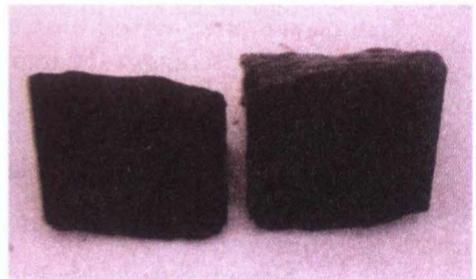
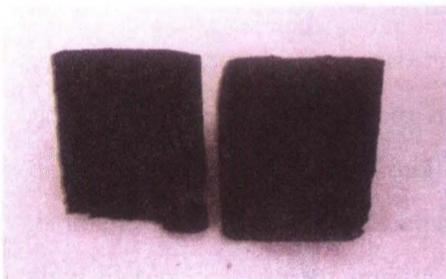


Foto III.6 dan III.7. Foto irisan sampel arang yang telah di treatment menunjukkan peresapan pada bahan konsolidan yang digunakan.

Secara umum metode ini cukup efektif untuk mengkonsolidasi material, namun masih perlu dikembangkan lagi untuk menjadi metode yang siap digunakan. Hasil percobaan pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode ini berpotensi untuk dikembangkan karena hasil pengerasannya cukup baik.

Hal yang perlu dikembangkan adalah parameter pengamatannya yang pada penelitian ini masih bersifat kualitatif. Diperlukan pengembangan lebih lanjut dengan pengamatan data yang kuantitatif sehingga dapat diketahui efektivitas konsolidasinya secara lebih pasti.

Jenis pelarut yang digunakan akan mempengaruhi kinerja konsolidasi yang dihasilkan. Pelarut akan menentukan bagaimana bahan konsolidan dapat masuk ke dalam material hingga ke bagian dalam. Dalam penelitian ini pelarut yang diuji adalah aseton dan etil asetat. Aseton dipilih karena merupakan pelarut organik yang bersifat polar sehingga diharapkan dapat masuk menggantikan air yang ada dalam pori-pori material. Sedangkan etil asetat bersifat lebih non polar. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kedua pelarut dapat masuk ke dalam material. Namun hasil akhir yang kurang memuaskan terjadi pada pelarut aseton, dimana permukaan benda menjadi

mengkilap. Hal ini menunjukkan bahwa bahan konsolidan yang tertinggal di permukaan cukup banyak, dan tidak semuanya dapat meresap ke bagian dalam. Kondisi ini dapat terjadi karena arang memiliki sifat yang cenderung nonpolar sehingga pelarut aseton yang polar lebih “tertolak” dibanding etil asetat yang nonpolar. Pada penelitian yang akan datang perlu diuji beberapa pelarut lain dengan cara mengamati laju penetrasinya dan efektivitas konsolidasinya, untuk mencari pelarut yang paling sesuai.

#### B. Konservasi dengan Impregnasi Menggunakan PEG 400

Pengujian konsolidasi yang mengadopsi metode konservasi kayu bawah air pada penelitian ini adalah dengan cara perendaman dalam larutan PEG 400. Sampel kayu direndam dalam larutan PEG 400 20% dalam air selama satu bulan. Kadar PEG 400 ditingkatkan secara bertahap hingga kadar 40%. Foto proses perendaman dan hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut. Foto proses perendaman dan hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut.

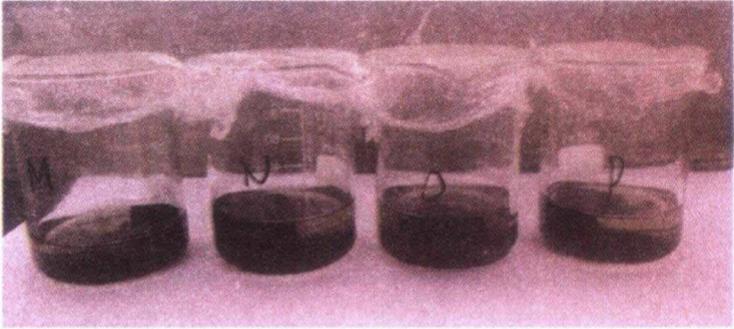


Foto III.8. Proses perendaman sampel arang dengan larutan PEG.



Foto III.9 - III.12. Hasil proses perendaman sampel arang dengan larutan PEG.

Matode ini cukup efektif untuk kayu bawah air. Sampel kayu ter-arang yang merupakan hasil ekskavasi Situs Tambora diperkirakan dapat dikonservasi dengan cara ini karena kandungan airnya yang juga tinggi (256%). Namun sifat kayu ter-arang yang sel-selnya telah rusak akan menghasilkan mekanisme konsolidasi yang berbeda. Hal ini masih perlu dikaji secara lebih mendalam.

Hasil percobaan menunjukkan sampel menjadi cukup keras dan stabil. Bahan impregnan PEG dapat

masuk ke dalam material dengan baik dan mengisi pori-pori sehingga sampel menjadi lebih padat dan keras. Metode ini masih perlu dikembangkan lagi dengan variasi kadar PEG dan waktu perendaman. Impregnasi dengan PEG 400 ini juga masih bisa dikembangkan dengan PEG 4000 yang lebih besar ukuran molekulnya dan lebih kuat dalam memberikan sifat konsolidan.

Pengembangan juga perlu dilakukan untuk metode aplikasinya. Selama ini bahan PEG hanya cocok dengan cara perendaman, namun cara ini kurang aplikatif di lapangan dan memerlukan waktu lama serta tempat khusus. Metode lain seperti cara oles, spray, atau tetes perlu dicoba, mengingat kondisi sampel yang telah rusak sel-selnya sehingga memungkinkan PEG dapat masuk dengan lebih cepat.

Untuk sampel arang dari Situs Tambora diuji uga untuk aplikasi PEG 400 dengan cara dioles. Cara ini tidak dilakukan sebagaimana biasanya, namun perlu perlakuan khusus agar material tidak rusak selama proses konsolidasi. Larutan PEG tidak dapat masuk ke dalam pori-pori kayu dengan cepat, perlu waktu untuk dapat masuk dan mengeluarkan air yang ada dalam pori-pori arang kayu. Cara yang dilakukan adalah dengan menempatkan sampel

kayu yang dikonsolidasi dalam suatu wadah, dalam hal ini digunakan container box plastik. Sampel kayu yang telah dioles dengan larutan PEG 20% sampai jenuh ditempatkan dalam wadah tersebut. Wadah dibuka sedikit sehingga penguapan air terjadi dengan lambat. Hal ini untuk menghindari kerusakan arang karena air yang keluar dengan cepat sementara PEG belum sepenuhnya masuk.

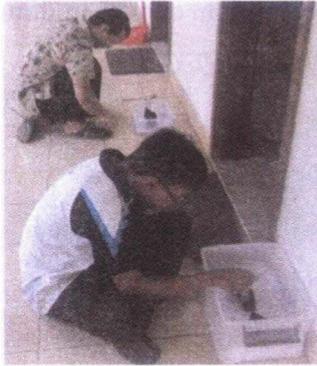


Foto III.13 - III.14. Pengolesan PEG 400 pada sampel arang dari Situs Tambora pada box container plastik

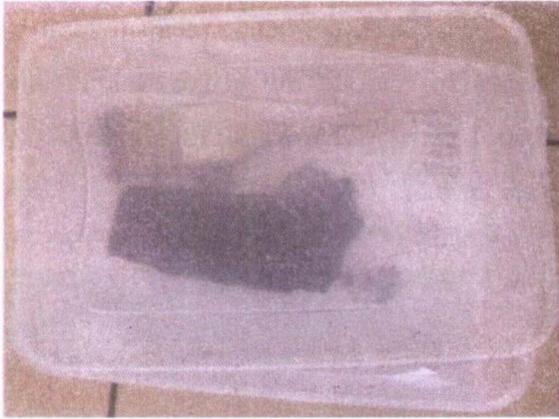


Foto III.15. Proses konsolidasi fragmen arang Situs Tambora menggunakan konsolidan PEG 400 dengan cara di oles secara rutin dan ditempatkan pada box container plastik

Selanjutnya setiap hari permukaan sampel arang dioles dengan larutan PEG menggunakan kuas. Hal ini dilakukan terus menerus sampai semua larutan PEG telah habis dioleskan dan PEG telah meresap dalam pori-pori arang. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan telah dapat diperoleh hasil konsolidasi yang cukup baik. Waktu yang dibutuhkan adalah selama 3 bulan untuk menyempurnakan proses pengolesan. Kelebihan dari metode ini adalah hasil akhir arang yang cukup kuat, tidak mudah rusak, namun karakteristik arang masih sangat alami. Kenampakan, tekstur, dan warna arang seperti sampel awal, tidak mengalami perubahan warna dan kilap

yang menyebabkan artefak menjadi terlihat tidak alami. Kelemahan metode ini adalah waktu yang dibutuhkan cukup lama dan harus dilakukan perlakuan setiap hari secara cermat.

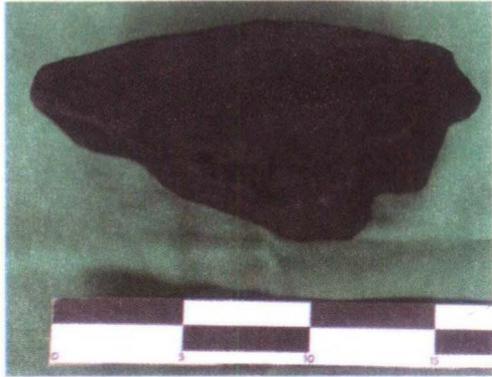


Foto III.16.

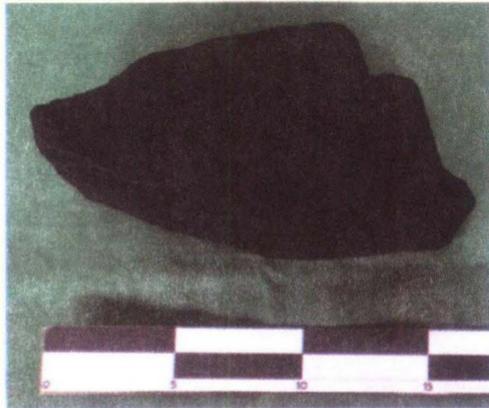


Foto III.17.

Foto III.16-III.17. Hasil akhir penggunaan bahan konsolidan PEG 400 dengan pengolesan setiap hari dan ditempatkan pada box container plastik

Hasil dari percobaan dengan pengolesan menunjukkan hasil yang memuaskan, yaitu material arang menjadi awet, tidak rapuh, dan cukup keras, tetapi kenampakan material sangat alami menyerupai kondisi asli temuan arang. Hal ini berbeda dengan bahan konsolidan lain seperti Paraloid B-72 yang menyebabkan permukaan benda menjadi agak mengkilap.

### C. Konservasi dengan Cara Laminasi

Konservasi dengan cara konsolidasi dan impregnasi cukup efektif, namun kurang cocok untuk objek yang berukuran besar. Perkuatan dengan cara konsolidasi dan impregnasi mampu memberikan ikatan antar partikel sehingga tidak mudah rapuh, namun tidak memberikan peningkatan kekuatan fisik yang signifikan. Oleh karena itu diperlukan metode lain yang mampu memberikan kekuatan serta ketahanan yang tinggi terhadap objek yang dikonservasi.

Metode yang dipilih adalah dengan cara laminasi. Metode laminasi ini sebenarnya memiliki kakurangan karena tidak reversible, bahan yang digunakan akan menyatu dengan material terarang dan bertahan sangat lama. Namun di sisi lain hal ini juga merupakan keunggulan, karena benda yang dikonservasi akan dapat

bertahan lama. Oleh karena itu diperlukan pertimbangan yang matang sebelum memutuskan penggunaan metode ini. Pada kasus temuan objek yang besar akan akan dipamerkan secara terbuka, maka metode adalah pilihan yang paling rasional untuk dilakukan.

Metode laminasi dilakukan dengan cara memasukkan bahan polimer yang cukup kuat ke dalam pori-pori benda yang dikonservasi. Bahan yang digunakan harus cukup kuat dan dapat bertahan lama. Bahan yang dipilih adalah perekat epoksi yang sudah cukup umum digunakan dalam pekerjaan-pekerjaan konservasi cagar budaya. Bahan epoksi terdiri atas dua komponen yang apabila dicampur akan mengalami reaksi membentuk polimer yang sangat keras dan kuat. Bahan epoksi umumnya bersifat kental sehingga akan sulit untuk penetrasi ke dalam pori material terarang. Oleh karena itu digunakan pelarut untuk menurunkan kekentalan sekaligus menaikkan polaritas dari campuran sehingga dapat berinteraksi dengan material terarang yang basah. Larutan akan menjadi encer dan mudah masuk ke dalam pori-pori.

Aplikasi dengan metode laminasi biasanya dilakukan secara berulang-ulang sampai penetrasi bahan optimum. Pengulangan tergantung ukuran objek, semakin

besar objek maka diperlukan pengulangan yang semakin banyak. Setelah aplikasi harus ditunggu hingga proses reaksi perkerasan terbentuk dengan sempurna. Proses perkerasan yang merupakan reaksi polimerisasi epoksi akan berlangsung lebih lama karena adanya pelarut yang ada dalam campuran. Oleh karena itu perlu ditunggu hingga beberapa jam, atau beberapa hari. Contoh aplikasi konservasi dengan cara laminasi dengan epoksi adalah sebagai berikut :



(a)



(b)

Foto III.18. (a) Laminasi artefak arang dengan metode semprot; (b) Laminasi artefak arang dengan metode oles.

#### D. Penyambungan, Injeksi, dan Kamouflage

Setelah proses konservasi umumnya ditemukan banyak kerusakan karena sifat dasar objek yang rapuh. Kerusakan yang terjadi umumnya adalah retak, patah, dan pecah. Kerusakan tersebut perlu diperbaiki agar bentuk benda dapat kembali seperti semula dan tidak semakin parah. Bagian yang patah disambung kembali termasuk jika pecah menjadi beberapa bagian. Semua bagian disusun coba dan direkatkan kembali. Demikian juga dengan bagian yang retak, perlu dilakukan injeksi atau penambalan agar menjadi kuat dan tidak semakin meluas.

Bahan perekat dan injeksi yang digunakan adalah bahan perekat epoksi yang cukup kuat. Pada prakteknya bahan epoksi terlalu encer serta berwarna mengkilap. Oleh karena itu perekat epoksi yang digunakan dicampur dengan serbuk arang yang halus sehingga membentuk pasta yang mudah diaplikasikan. Aplikasi dilakukan secara cermat agar diperoleh hasil yang rapi karena setelah mengeras sulit untuk dikoreksi lagi.

Konservasi dengan cara impregnasi atau laminasi serta bekas sambungan dengan epoksi akan menghasilkan permukaan yang tidak alami. Bahan epoksi dan akriloid cenderung bersifat mengkilap sehingga permukaan objek menjadi berbeda. Oleh karena itu perlu dilakukan kamuflase untuk menyelaraskan warnanya dengan warna alamiah arang. Cara yang dilakukan adalah dengan menggunakan serbuk arang halus yang ditaburkan pada permukaan sambungan atau injeksi, hingga warnanya tidak mengkilap. Demikian juga pada permukaan benda yang dilaminasi atau dikonsolidasi dengan Paraloid. Sebelum bahan konservasi mengeras dilakukan penaburan dengan serbuk arang halus. Proses penaburan ini dibuat berlebih dan setelah cukup keras sisa yang tidak melekat dibersihkan

dengan kuas. Dengan cara ini akan diperoleh permukaan dengan penampakan yang mendekati warna alamiah arang.



(a)



(b)

Foto III.19. (a) dan (b) Penyambungan artefak arang.

#### E. Uji Penerapan Konservasi di Lapangan

Sebelum diterapkan secara luas, maka perlu dilakukan uji di lapangan untuk mengetahui efektivitas dan pemmasalahan teknis yang dihadapi. Uji penerapan tidak hanya pada objek arang saja namun juga perlu mengamati

kondisi lingkungan sekitarnya. Dengan uji penerapan ini juga sekaligus menangani objek-objek temuan yang mendesak untuk diselamatkan. Pada saat penggalian seringkali ditemukan objek yang perlu diselamatkan, karena jika tidak akan menjadi rusak. Temuan-temuan tersebut menjadi objek dalam pelaksanaan uji lapangan.

Pekerjaan persiapan sarana dan prasarana merupakan tahap kegiatan yang pertama kali dilakukan. sarana yang perlu dipersiapkan meliputi: peralatan, bahan konservasi serta peralatan pendokumentasian.

#### 1. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam rangka mendukung Konservasi Situs Liangan terdiri dari:

- a. Bahan dan peralatan laboratorium;
- b. Bahan kimia konsolidan;
- c. Bahan dan peralatan survei dan perekaman data lingkungan;
- d. Bahan dan peralatan pemetaan situs dan kawasan;
- e. Sample material terarang.

#### 2. Metode Kerja

Secara umum metode kerja yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Pengamatan data lingkungan dan analisis kerentanan.
- b. Melakukan survey dan pengambilan data pengukuran situs, dilanjutkan dengan pengolahan data dan penyajian dalam bentuk gambar.
- c. Melakukan pengujian terhadap metode konsolidasi dengan bahan Paralod B-72, epoxy resin, dan PEG dengan beberapa variasi teknik aplikasi. Metode yang paling cocok dan memberikan hasil paling baik selanjutnya diuji di lapangan.
- d. Mengembangkan metode konservasi terhadap berbagai temuan di situs yang tersusun dari berbagai jenis bahan. Setiap jenis bahan dikonservasi dengan metode tertentu yang sesuai. Jenis material temuan yang teridentifikasi sering ditemukan adalah keramik, gerabah, batu, logam, dan tulang
- e. Melakukan pengumpulan data kondisi lingkungan yang meliputi kondisi tebing, kegiatan penambangan, vegetasi, drainase, dan unsur pendukung lingkungan lainnya. Selanjutnya

mengembangkan metode konservasi untuk masing-masing unsur lingkungan tersebut.

Hasil-hasil pelaksanaan uji lapangan ini akan dijelaskan lebih mendalam pada Bab berikutnya.

## BAB IV PENERAPAN METODE DI LAPANGAN

Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, temuan material terarang merupakan temuan yang cukup langka sehingga hanya ditemukan pada beberapa situs saja. Hasil kajian yang telah dilakukan di Situs Tambora Nusa Tenggara Barat dan Situs Liangan Jawa Tengah akan diuraikan secara lebih mendalam. Sangat terbuka kemungkinan suatu saat akan ditemukan artefak serupa di situs lain, mengingat Indonesia merupakan negara dengan jumlah gunung api yang sangat banyak. Penjelasan ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan dan pelaksanaan konservasi di situs lainnya.

### A. SITUS TAMBORA

Pengujian bahan konservan juga dilakukan di lapangan, khususnya pada Situs Tambora Nusa Tenggara Barat. Hal ini dimaksudkan untuk menangani temuan yang penting dan kondisinya sangat rapuh, sehingga apabila diangkat dari kotak ekskavasi tanpa treatment akan menyebabkan kerusakan fatal. Dengan demikian, aplikasi bahan konservan paraloid B-72 dalam etil asetat dengan konsentrasi 5 % dilakukan pada objek artefak arang yang akan di angkat dari kotak ekskavasi. Adapun langkah-

langkah aplikasi bahan konservan di Situs Tambora adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan larutan konservan paraloid B-72 dalam etil asetat;
2. Pengolesan larutan konservan pada artefak arang;
3. Pengangkatan artefak arang;
4. Konsolidasi artefak arang menggunakan bahan perekat;
5. Pembungkusan dan pengepakan untuk treatment selanjutnya di laboratorium.

Untuk melakukan pengujian bahan konservasi, maka langkah pertama adalah membuat larutan paraloid dalam etil asetat dengan konsentrasi 5 %. Setelah itu, paraloid kemudian ditempatkan ke dalam botol sehingga mudah dan aman dalam perjalanan menuju ke Situs Tambora.

Pengolesan paraloid pada artefak arang di Situs Tambora dilakukan secara langsung di dalam kotak ekskavasi yang masih digali. Sebelum melakukan pengolesan paraloid pada artefak arang di Situs Tambora, terlebih dahulu artefak arang dibersihkan dari kotoran yang berupa tanah. Setelah artefak arang bersih dari tanah maka

langkah selanjutnya adalah mengoleskan paraloid pada arang menggunakan kuas yang berukuran kecil. Pengolesan dilakukan berulang-ulang hingga artefak arang tersebut kering. Hal ini bertujuan agar paraloid mampu meresap ke dalam arang.

Setelah dilakukan pengolesan konservan paraloid maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengangkatan terhadap artefak arang. Pengangkatan dilakukan dengan sangat hati-hati untuk meminimalisir dampak kerusakan. Alat yang digunakan untuk mengangkat artefak arang dapat berupa scraper atau sudip dari bambu maupun kayu.



Foto IV.1. Pembersihan artefak fragmen arang pada Situs Tambora sebelum melakukan *treatment* dengan pengolesan konsolidan paraloid B-72.



Foto IV.2. Hasil pengangkatan dan pengolesan artefak fragmen arang menggunakan bahan konsolidan pada kotak ekskavasi Pusat Arkeologi Nasional.

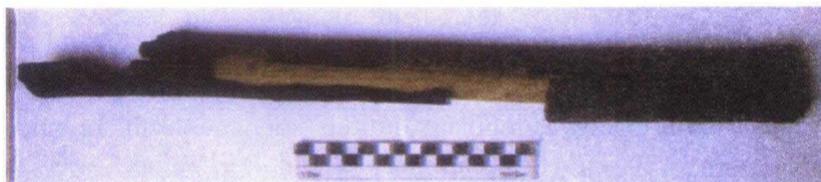


Foto IV.3. IV.4. Proses konsolidasi setelah fragmen arang diangkat dari kotak ekskavasi (atas). Hasil konsolidasi artefak arang menggunakan bahan konsolidan paraloid B-72 dan anchor sebagai bahan perekatnya (bawah).

Konsolidasi artefak arang yang patah ataupun rusak dapat dilakukan dengan mengaplikasikan bahan perekat tradisional. Bahan perekat tersebut adalah anchor yang merupakan lemak hewani. Penggunaan anchor adalah untuk melakukan penyambungan maupun pengisian retakan pada artefak arang. Sebelum digunakan, anchor dicairkan terlebih dahulu menggunakan air panas sehingga menjadi encer. Setelah encer, barulah anchor tersebut dapat digunakan untuk merekatkan artefak arang yang patah. Daya rekat anchor tidaklah dalam seketika mampu merekatkan arang yang patah. Namun setelah anchor dioleskan pada bagian yang patah, maka harus ditopang terlebih dahulu hingga anchor kembali mengering dan merekatkan arang secara sempurna. Setelah sambungan menggunakan anchor tersebut kering langkah berikutnya adalah melakukan kamufase pada bagian yang disambung. Kamufase juga dilakukan menggunakan anchor, akan tetapi anchor hanya dioleskan pada permukaan sambungan arang yang kemudian ditutup menggunakan bubuk arang untuk menyamarkan bekas sambungan.



Foto IV.5. Beberapa artefak yang telah dikonservasi berupa konsolidasi, penyambungan, dan kamuflase.

Pada beberapa artefak arang yang merupakan artefak penting dan signifikan juga diangkat untuk penanganan konservasi lebih lanjut. Artefak tersebut berupa alat bajak yang akan dikonservasi di laboratorium Balai Konservasi Borobudur. Dalam proses transportasi, artefak tersebut dibungkus dengan plastik wrap dan ditempatkan pada kotak plastik yang di dalamnya dilapisi dengan busa untuk mencegah kerusakan akibat guncangan. Adapun plastik wrap yang digunakan untuk membungkus artefak arang berfungsi untuk menjaga kelembaban arang. Hal ini dikarenakan artefak arang yang kering akan rapuh dan mudah rusak.

## B. SITUS LIANGAN

Material arang cagar budaya pada kotak ekskavasi memerlukan penanganan khusus yang berbeda dengan material lain. Hal ini dikarenakan materialnya yang sangat rapuh dan dapat segera rusak apabila terekspos langsung dengan iklim di sekitarnya. Kondisi seperti ini harus ditindaklanjuti dengan cepat menggunakan metode yang sudah teruji. Pada penanganan material arang di kotak ekskavasi kondisi fisik menyangkut suhu, kelembaban, dan kekerasan material arang menjadi prioritas utama yang nantinya menentukan treatment yang tepat.



Foto IV. 6. Arang di Situs Liangan

Metode penanganan konservasi yang diaplikasikan adalah metode laminasi. Laminasi pada prinsipnya adalah memberikan pelapisan pada material cagar budaya arang.

Pelapisan tersebut akan meningkatkan daya tahan dan kekerasan material arang. Secara mendetail metode penanganan material arang pada kotak ekskavasi adalah sebagai berikut:

## 1. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan langkah awal dalam melakukan laminasi material arang. Pada tahap ini dilakukan dokumentasi material arang secara mendetail dari berbagai sisi termasuk di dalamnya pola retakan dan patahan pada permukaan material arang. Dokumentasi yang mendetail akan memudahkan kita pada tahap rekonstruksi atau memasang kembali fragmen arang apabila material arang tersebut akan diangkat ataupun dipindahkan. Hal ini dikarenakan, sekeras apapun material arang tetap akan rusak dan patah bila dipindahkan.

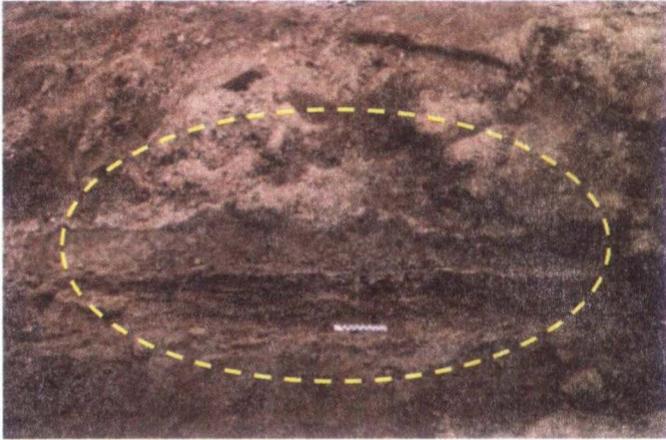


Foto IV.7. Temuan Arang di Situs Liangan sebelum dikonservasi

2. Pengukuran suhu, kelembaban/kadar air, dan kekerasan

Pengukuran terhadap parameter suhu, kelembaban/kadar air, dan kekerasan material arang adalah data fisik yang diambil sebelum dan sesudah arang dilaminasi. Hal tersebut juga memberikan gambaran awal sebelum dan sesudah fragmen arang di laminasi. Dalam hal ini kadar air berperan penting, karena persentase kadar air berhubungan dengan volume dan perbandingan bahan konservasi yang digunakan.



(a)



(b)

Foto VIII. (a) Pengukuran kelembaban permukaan arang dengan Protimeter;  
(b) Pengukuran suhu permukaan arang menggunakan Thermodigital infrared.

3. Membuat peneduh dan membersihkan material arang

Peneduh yang dibuat dimaksudkan untuk menghindari material arang pada kotak ekskavasi dari paparan langsung sinar matahari maupun hujan yang dapat mempercepat proses kerusakan. Setelah peneduh didirikan maka langkah selanjutnya adalah membersihkan secara halus dan teliti pada seluruh permukaan arang. Pembersihan dimaksudkan untuk menghilangkan pengotor yang berupa debu, tanah, maupun kerikil yang menempel pada permukaan material arang. Hal ini dikarenakan debu, tanah, dan kerikil akan menghalangi proses laminasi pada permukaan material arang.



Foto IV.9. (a) Temuan Arang di bersihkan dengan kuas secara teliti dari debu dan pasir sebelum di laminasi

#### 4. Mempersiapkan dan menakar bahan konservan

Bahan konservan yang akan digunakan untuk melaminasi merupakan bahan konservan yang aman dan sudah teruji di laboratorium konservasi untuk meminimalisir dampak kerusakan. Pada laminasi dapat digunakan bahan konservan berupa perekat epoxy, hardener, dan pelarut. Jenis ataupun merk perekat epoxy juga mempengaruhi volume bahan konservan untuk laminasi. Takaran dan komposisi bahan konservan yang berupa perekat epoxy+hardener dan pelarut adalah 1:2. Dalam

beberapa kondisi pelarut dapat ditingkatkan perbandingannya dengan tujuan supaya penetrasi bahan konservan dapat terserap dengan mudah oleh material arang. Demikian juga pada hardener, komposisi hardener pada perekat epoxy dapat sedikit demi sedikit ditingkatkan untuk mempercepat pengerasan material arang.



Foto IV.10. Menakar komposisi bahan konservan yang berupa perekat epoxy+hardener dan pelarut adalah 1:2

##### 5. Aplikasi bahan konservan.

Pengaplikasian bahan konservan pada material arang dapat dilakukan dengan cara pengolesan dan penyemprotan menggunakan sprayer. Pengolesan ataupun penyemprotan bahan konservan pada

material arang harus dilakukan secara berkala hingga material arang menjadi jenuh oleh bahan konservan. Setelah beberapa kali pengolesan, indikasi adanya kejenuhan material arang dapat dilihat pada permukaan material arang yang semakin lambat dalam menyerap bahan konservan. Aplikasi bahan konservan harus dilakukan secara terus menerus hingga material arang tersebut mengeras. Apabila pada kotak ekskavasi diindikasikan adanya kerawanan dari faktor alam, misalnya genangan air, banjir, maupun ancaman binatang maka sebelum melanjutkan aplikasi bahan konservan, sebaiknya material arang pada kotak ekskavasi tersebut ditutup rapat terlebih dahulu menggunakan plastik. Setelah ditutup rapat menggunakan plastik, langkah selanjutnya adalah menimbunnya kembali dengan tanah.



(a)



(b)



(c)

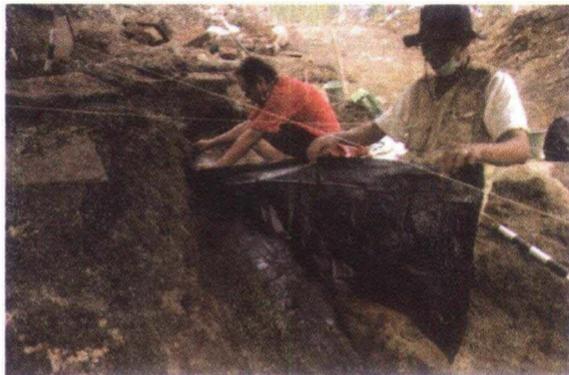
Foto IV.11. (a) Laminasi material arang dengan cara pengolesan; (b) Laminasi material arang dengan cara semprot; (c) Material arang setelah dilaminasi

6. Pengangkatan material arang (d disesuaikan dengan kepentingan pelestarian)

Apabila oleh para praktisi pelestarian cagar budaya, material arang perlu untuk diangkat maka beberapa penanganan khusus harus dilakukan. Dalam pengangkatan atau pemindahan tersebut diperlukan bahan konservan yang berguna sebagai wadah atau kerangka material arang. Kerangka tersebut bisa dibentuk dengan menggunakan PU (polyurethane) yang kemudian dituangkan di atas permukaan material arang yang sudah dilaminasi. Sebelum polyurethane

dituangkan pada permukaan material arang, maka seharusnya material arang tersebut dilapisi terlebih dahulu menggunakan plastik. Setelah polyurethane kering maka langkah selanjutnya adalah mengangkat material arang dari permukaan tanah dan menempatkannya pada wadah yang sesuai.

Pada pelaksanaan konservasi saat ini, material arang tidak sampai pada tahap diangkat/dipindahkan, karena waktu dan kondisi yang belum memungkinkan, jadi saat ini batas penanganan hanya sampai pada laminasi kemudian ditutup menggunakan plastik dan kemudian ditimbun tanah agar material arang tetap lembab dan tidak rusak oleh faktor lainnya.



(a)



(b)

Foto IV.12. (a) dan (b) Material Arang ditutup dengan palstik dan ditimbu

## 7. Identifikasi Jenis Material Kayu

Identifikasi jenis kayu secara umum dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah dengan cara pengamatan mikroskopis terhadap sayatan tipis kayu. Dengan cara ini sampel kayu disayat pada bidang melintang, sejajar serat, dan tangensial. Hasil sayatan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran yang sesuai untuk mengamati “perwajahnya”. Setiap jenis kayu memiliki karakteristik kenampakan yang khas, sehingga hasil pengamatan dapat dijadikan dasar untuk menentukan jenis kayu yang dianalisis.

Sampel artefak arang yang ditemukan dari Situs Tambora dan Situs Liangan berasal dari material kayu yang telah berubah menjadi arang. Meskipun telah mengalami perubahan menjadi material baru, namun karakteristik kayu masih dijumpai pada arang tersebut. Bila diperhatikan, adanya serat dan pori-pori pada fragmen arang masih dapat terlihat meskipun tidak terlalu jelas. Oleh karena itu identifikasi jenis kayu dari sampel arang tersebut masih memungkinkan untuk dilakukan. Permasalahan yang dihadapi adalah kesulitan dalam melakukan penyayatan, karena material yang sangat rapuh sehingga sangat sulit untuk mendapatkan hasil sayatan yang tipis dan dapat diamati.

Pada kajian ini belum dilakukan analisis jenis kayu dengan metode ini, namun telah dilakukan uji coba untuk menentukan dapat tidaknya metode ini diterapkan. Upaya penyayatan sampel telah dilakukan secara berulang-ulang untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Hasil gambar yang dapat dihasilkan adalah sebagai berikut.

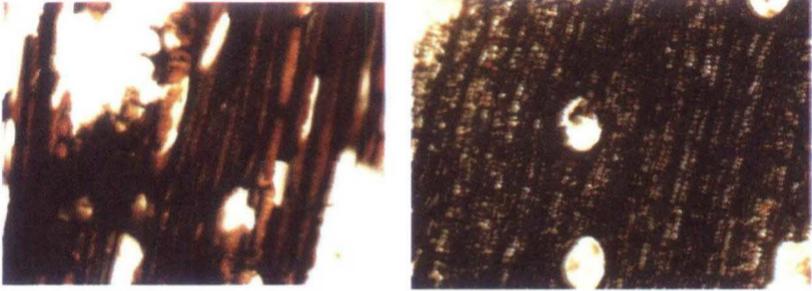


Foto IV.13, IV.14. Sayatan tipis sampel kayu ter-arang dilihat dengan mikroskop (perbesaran 40x).

Gambar diatas menunjukkan hasil pengamatan terhadap sayatan tipis sampel arang yang telah dilakukan. Hasil tersebut diperoleh setelah dilakukan usaha berulang-ulang untuk mendapatkan pengamatan yang terbaik. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kenampakan sel-sel, lubang kapiler, dan serat-serat kayu masih dapat diamati. Oleh karena itu analisis lebih lanjut untuk mengetahui jenis kayu memungkinkan untuk dilakukan.

## BAB V PENUTUP

Beberapa kesimpulan dari hasil analisa laboratorium dan pelaksanaan survei di lapangan dalam melakukan konservasi artefak arang adalah sebagai berikut :

1. Artefak arang pada Situs Tambora dan Situs Liangan merupakan data arkeologi yang penting dan harus diawetkan dengan melakukan penanganan konservasi. Penanganan konservasi bertujuan untuk memperkuat (konsolidasi) material arang dan melakukan perbaikan kerusakan pada artefak arang, sehingga artefak arang dapat bertahan untuk waktu yang lebih lama. Dengan demikian rekonstruksi kehidupan masa lalu berdasarkan artefak arang khususnya pada situs permukiman yang terdampak letusan gunung api dapat dilakukan.
2. Beberapa bahan konsolidan dapat diterapkan pada konservasi material arang. Bahan yang telah digunakan adalah Paraloid B-72 dengan pelarut etil asetat. Metode ini cukup efektif dan mudah diaplikasikan di lapangan. Bahan konsolidan ini mampu memperkuat material, pengembangan lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal masih diperlukan.

3. Bahan lain yang dapat dipergunakan adalah larutan PEG 400. Pada dasarnya aplikasi dengan PEG harus dengan cara perendaman, namun cara tersebut dapat dimodifikasi secara efektif dengan pengeringan lambat dalam container box. Proses ini membutuhkan waktu yang cukup lama dan harus dilakukan pengolesan secara terus menerus. Hasil yang diperoleh memuaskan, yaitu material arang menjadi awet, tidak rapuh, dan cukup keras, selain itu, kenampakan material sangat alami menyerupai kondisi asli temuan arang. Hal ini berbeda dengan bahan konsolidan lain seperti Paraloid B-72 yang menyebabkan permukaan benda menjadi agak mengkilap.
4. Untuk memperoleh dapat yang lebih mendetail terkait jenis dan umur artefak kayu yang telah menjadi arang, metode sayatan tipis dapat dipergunakan untuk mengamati bentuk sel dan organ dalam kayu. Cara penyayatan sampel arang sangat sulit dibanding dengan kayu, karena sudah rapuh. Diperlukan usaha yang berulang-ulang untuk mendapatkan sayatan yang dapat diamati.

## DAFTAR PUSTAKA

Balai Arkeologi Yogyakarta. 2011. Laporan Penelitian Arkeologi Situs Liangan, Temanggung Tahap II. Yogyakarta: Balai Arkeologi Yogyakarta.

-----, 2012. Laporan Penelitian Arkeologi Situs Liangan, Temanggung Tahap III. Yogyakarta: Balai Arkeologi Yogyakarta.

-----, 2013. Laporan Penelitian Arkeologi Situs Liangan, Temanggung. Yogyakarta: Balai Arkeologi Yogyakarta.

-----, 2014. Laporan Penelitian Arkeologi Permukiman Masa Mataram Kuna Situs Liangan. Yogyakarta: Balai Arkeologi Yogyakarta.

Cahyandaru N. 2012. Konservasi Material pada Ekskavasi Situs Tambora. Laporan kajian bagian dari laporan tim ekskavasi oleh Sonny Wibisono, Sarjiyanto, Abdullah (Pusarnas), Kriswandhono, Mujiono (Institut RMIT), Nahar Cahyandaru (Balai Konservasi Borobudur, dan Nurdin (Pem Kab. Bima).

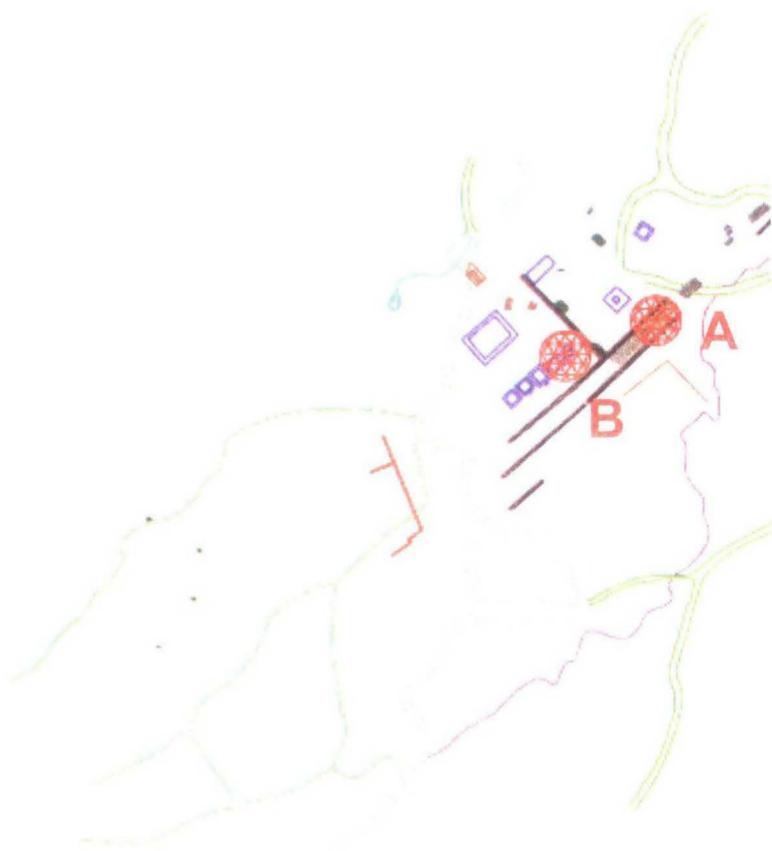
Cahyandaru N, Setiawan Hari. (2013). Kajian Studi Terapan pada Temuan Ekskavasi di Situs Bencana Vulkanik Tambora NTB dan Liangan Jawa Tengah. Laporan Kajian Balai Konservasi Borobudur.

De Jong Boers B. (1994). Mount Tambora in 1815; A Volcanic Eruption in Indonesia and Its Aftermath, revised

- version of a Dutch-language Article, "Tambora 1815: De geschiedenis van een vulkaanuitbarsting in Indonesie," published in *Tijdschrift voor Geschiedenis* 107 (1994): 371-92.
- Hamilton Donny L. (1999). *Methods of Conserving Archaeological Material from Under Water*. Department of Anthropology. Texas A&M University.
- Plenderleith H.J. (1975). *The Conservation of Antiquities and Work of Art (Treatment Repair and Restoration)*.
- Rangkuti, Nurhadi dan Baskoro DT. (2000). *Laporan Peninjauan Situs Liangan, Temanggung, Jawa Tengah*.
- Riyanto Sugeng (2012). *Laporan Penelitian Situs Liangan*. Balai Arkeologi Yogyakarta.
- Riyanto Sugeng (2013). *Laporan Penelitian Situs Liangan*. Balai Arkeologi Yogyakarta.
- Sutawidjaja Igan S, Sigurdsson H, Abrams L. (2006). *Characterization of Volcanic Deposits and Geoarchaeological Studies from The 1815 Eruption of Tambora Volcano*. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 1 No. 1 Maret 2006: 49-57.
- Tjahjono, Baskoro DT. dkk. *Laporan Penelitian Peninjauan Situs Liangan, Temanggung, Jawa Tengah*. 2010.
- Utomo Bambang Budi. (2007). *Penelitian Vulkanologi atau Penelitian Arkeologi yang Terjadi di Daerah Lereng Gunung Tambora?. Pusat Penelitian dan Pengembangan Arkeologi Nasional (tidak dipublikasikan)*.

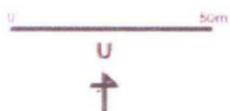
- Harimurti, Munawir A, Widodo D. (2007). Alternatif Perkuatan Tanah Pasir Menggunakan Lapis Anyaman Bambu dengan Variasi Luas dan Jumlah Lapis. *Jurnal Rekayasa Sipil* Vol 1 No. 1.
- Leonsius C, Liong G T. (2012). Analisa Dinding Perkuatan Tanah dengan Geogrid Menggunakan Metode Satu Baji (Single Wedge Method) dan Dua Baji (Two Part Wedge Method). *Jurnal Teknik Sipil Universitas Bina Nusantara*.
- Kutschke W G, Tarquinio F S, Petersen W K. (2007). Practical Soil Nail Wall Design and Constructability Issues, Paper Presented at The Broadmoor DFI's 32<sup>nd</sup> Annual Conference on Deep Foundations, Colorado Springs.
- Moelyani D A. (2013). Kinerja Dinding Tanah Merah yang Diperkuat Geogrid Berdasarkan Model Numerik. *Jurnal Pusat Litbang Jalan dan Jembatan*.
- Putra H G, Hakam A, Yusri N. (2009). Peningkatan Kekuatan Geser Tanah dengan Menggunakan Cerucuk, *Jurnal Rekayasa Sipil*.
- Ramia I N. (2011). Perkuatan Lereng dengan Dinding Penahan Kombinasi Tiang Bor. *Jurnal Matrix* Vol. 1 No. 3.
- Tuozzolo T J. (2003). Soil Nailing: Where, When and Why a Practical Guide. Paper at The 20th Central Pennsylvania Geotechnical Conference Hershey.

- Eriawati, Y. 2014. Keramik Cina Dinasti Tang Abad IX Masehi dari Situs Liangan, Temanggung, Jawa Tengah. Kepel Press. Yogyakarta.
- Fadlan. 2014. Geologi Situs Liangan, Kab. Temanggung, Prov Jawa Tengah. Kepel Press. Yogyakarta.
- Haldoko, L.A., dkk., 2012. Kajian Konservasi Keramik Bawah Air. Balai Konservasi Borobudur. Magelang.
- Pollard, A.M., Heron, C. 1996. Archaeological Chemistry, The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Swastikawati, A., dkk. 2013. Kajian Konservasi Tinggalan Megalitik di Lore, Sulawesi Tengah, Balai Konservasi Borobudur. Magelang.
- Swastikawati, A., dkk. 2014. Kajian Konservasi Logam dengan Bahan Tradisional. Balai Konservasi Borobudur. Magelang.
- Wahyuni, S. 2012. Konservasi Koleksi Tinggalan Kolonial di Pulau Morotai (Maluku Utara), Balai Konservasi Borobudur. Magelang.

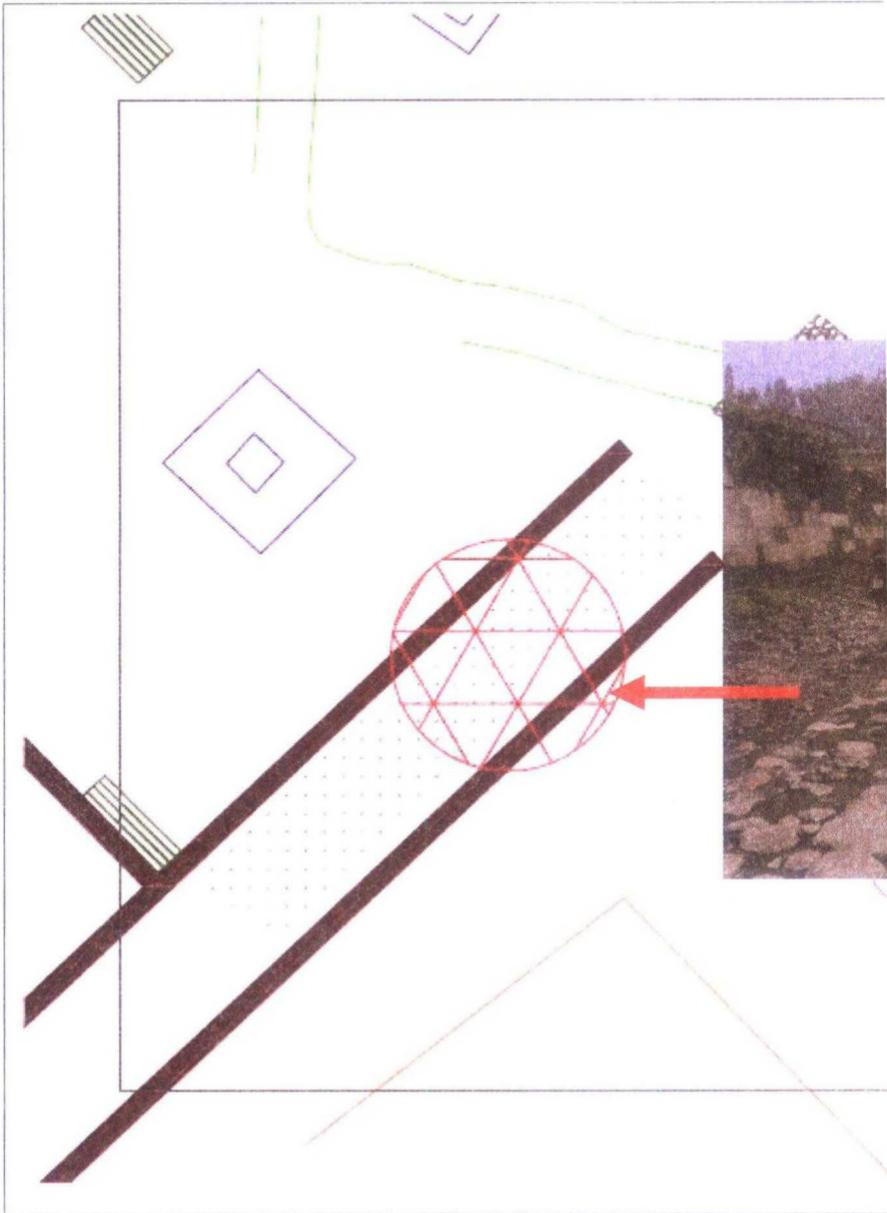


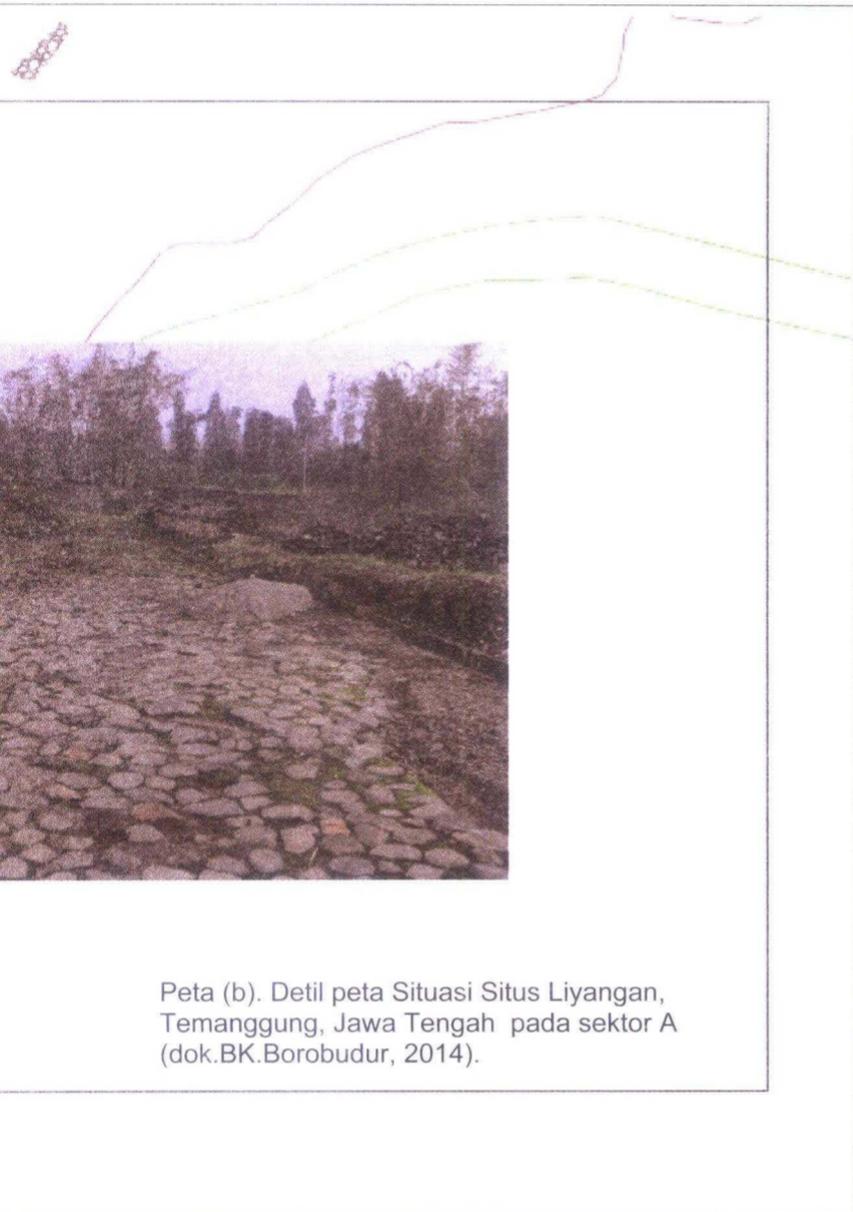
Peta (a). Peta Situasi Situs Liyangan,  
Temanggung, Jawa Tengah  
(dok.BK.Borobudur, 2014).

PETA SITUS LIYANGAN  
KECAMATAN NGADIREJO KABUPATEN MAGELANG  
JAWA TENGAH

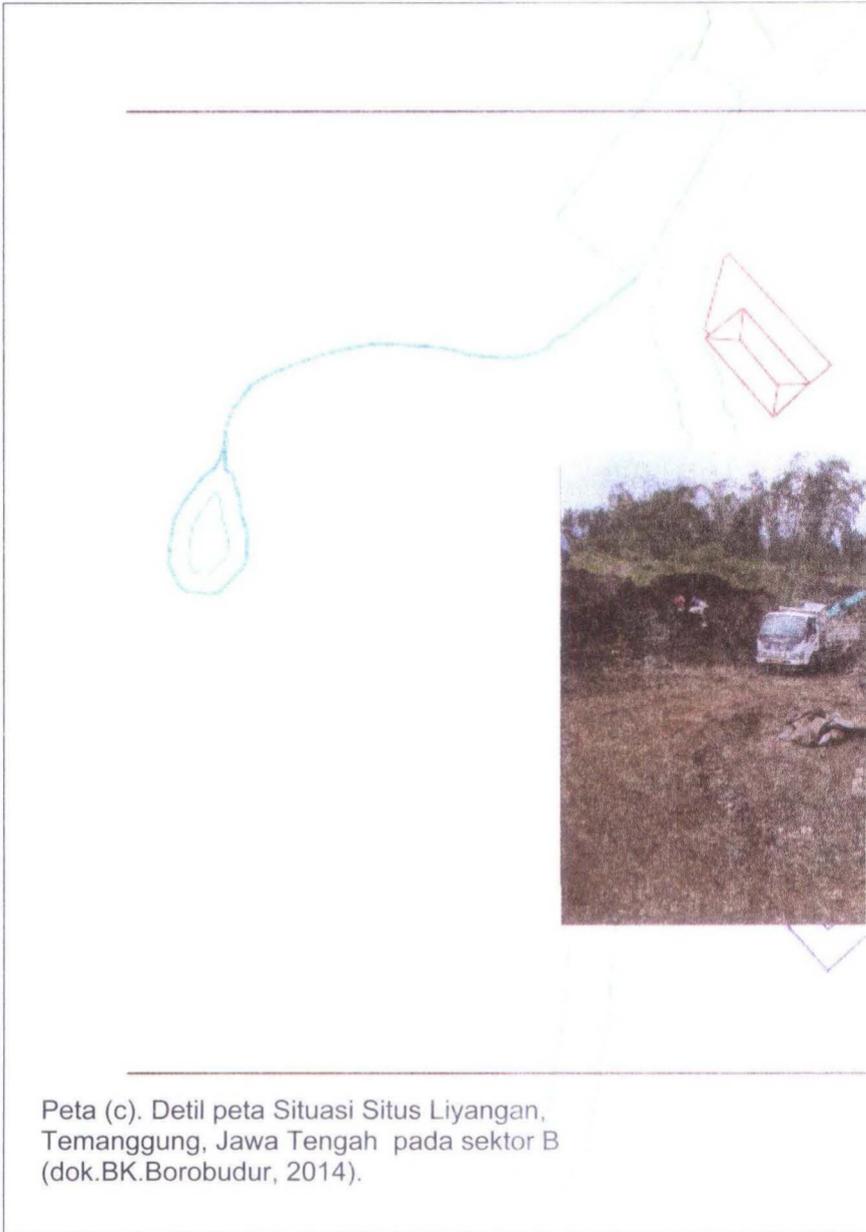


	Jalan ke situs liyangan		Sungai
	Jalan bolder		Talud bolder
	Mata air		Tangga
	Pagar		Batas tebing
	Bangunan pendopo		Yoni
	Bangunan		Temuan arang
	Bangunan candi		

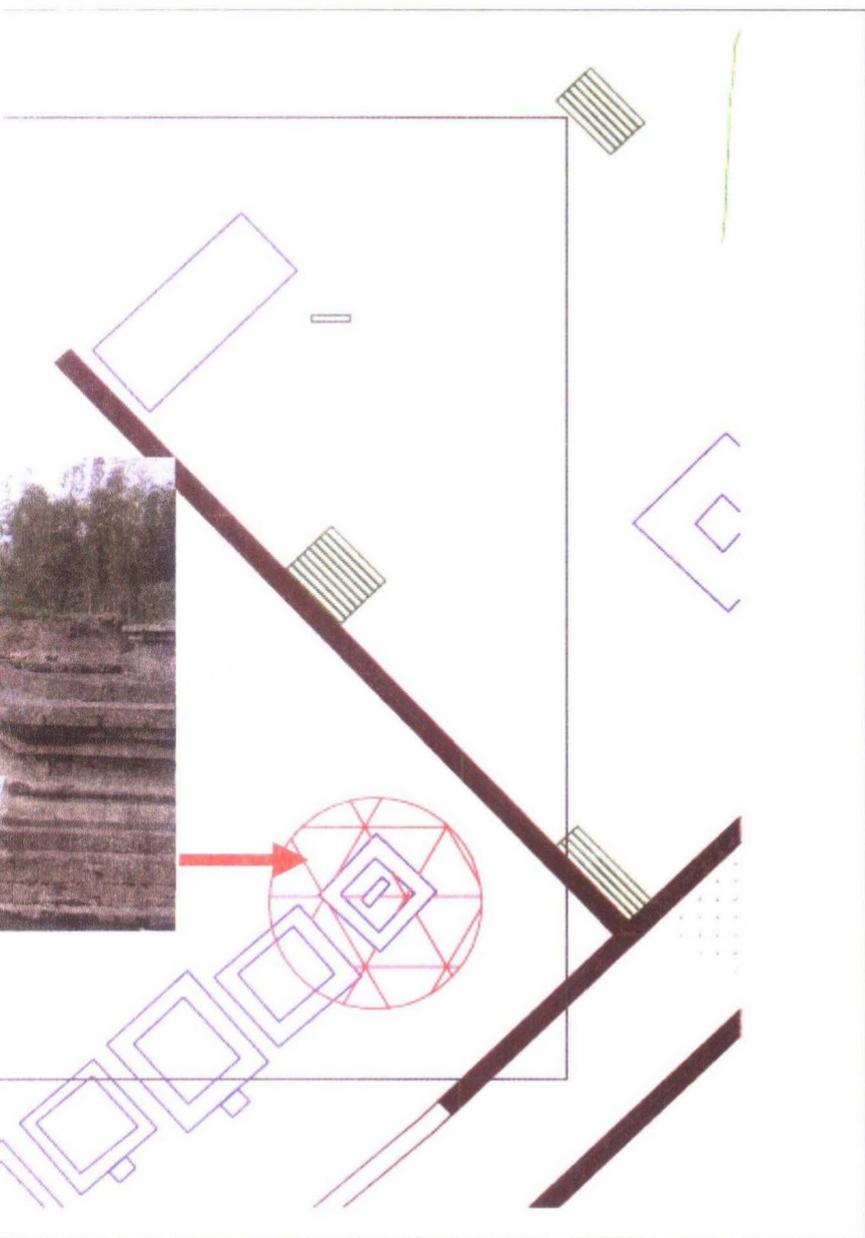




Peta (b). Detil peta Situasi Situs Liyangan, Temanggung, Jawa Tengah pada sektor A (dok.BK.Borobudur, 2014).



Peta (c). Detil peta Situasi Situs Liyangan, Temanggung, Jawa Tengah pada sektor B (dok.BK.Borobudur, 2014).





22432



 [borobudurpedia.id](http://borobudurpedia.id)

 [konservasi borobudur](#)

 [kebudayaan.kemendikbud.go.id/  
bkborobudur](http://kebudayaan.kemendikbud.go.id/bkborobudur)

 [konservasiborobudur](#)

**Perpustakaan  
Jenderal**