

# KONSERVASI MATERIAL ORGANIK TER-ARANG PADA EKSKAVASI SITUS BENCANA VULKANIK TAMBORA

Nahar Cahyandaru  
Balai Konservasi Borobudur  
[n.cahyandaru@gmail.com](mailto:n.cahyandaru@gmail.com)

**ABSTRAK :** Artefak hasil penggalian pada Situs Tambora yang berasal dari bahan organik yang telah menjadi arang sangat mudah mengalami kerusakan selama proses ekskavasi. Diperlukan metode konservasi material yang dapat menjawab permasalahan tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi lingkungan situs, dan mengetahui kondisi material yang terekspos oleh lingkungan, serta kecepatan kerusakannya, dan untuk mengetahui cara transportasi temuan dari situs sebelum tindakan konservasi. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui hasil konsolidasi material menggunakan bahan Paraloid B-72 dengan beberapa jenis pelarut dan cara aplikasi, serta bahan konsolidan PEG 400.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi material yang terekspos cepat mengalami kerusakan. Pada awalnya terjadi penurunan kadar air dalam material. Seiring dengan penurunan kadar air ini, material menjadi semakin rapuh dan mudah rusak. Pada hari pertama telah terjadi keretakan pada material dan semakin rapuh sehingga pada hari ke-2 material patah. Hari ke-3 jumlah bagian yang patah semakin banyak, dan pada hari ke-4 sampel yang patah sudah sulit ditangani (sulit dipindah dan diukur tanpa mengalami kerusakan). Cara transportasi artefak dari situs untuk dikonservasi dengan membungkus sampel dengan plastik wrap, dan menempatkan dalam kotak plastik yang lembab merupakan cara yang cukup baik.

Material yang dikonsolidasi dengan Paraloid menunjukkan peningkatan kekerasan dan tidak rapuh setelah dikeringkan. Jumlah pengolesan dapat meningkatkan efektivitas konsolidasi dan penurunan kadar air. Namun metode ini perlu dikembangkan lagi untuk mendapatkan metode yang sesuai dan hasil yang optimal, karena masih ada indikasi keretakan. Konsolidasi dengan PEG menghasilkan material yang cukup keras dan stabil. Metode ini cukup baik, namun cara aplikasinya harus dilakukan dengan cara perendaman sehingga agak sulit diterapkan di lapangan. Metode ini perlu dikembangkan agar dapat lebih aplikatif di lapangan.

**Kata kunci :** *Tambora, konservasi material, material ter-arang*

**ABSTRACT :** Artifacts from excavations at Tambora site made from charred organic are very easily damaged during the excavation process. Material conservation method is needed to answer the problem. The purposes of this study are to determine the micro-climate of the site, the condition of the material exposed by the environment, as well as the rate of the damage. Another-purpose is to figure out how to transport the artifacts from the site before conservation measures. The study also attempts to evaluate the consolidation results of material using Paraloid B-72 with some kinds of solvent and application methods, as well as consolidation using PEG 400.

The results of the study shows that the condition of exposed material is quickly damaged. At the beginning, there is a decrease in the water content of the material. Along with the decrease in the water content, the material becomes more brittle and easily damage. On the first day there has been fissures in the fragile material and so material is fractured in the second day. In day 3, the number of fractures is increased, and on day four, the damaged samples are difficult to handle (difficult to move and measure without further damage). The artifact transportation method from the site using plastic wrap, and placed in a moist plastic box is proved to be effective.

Consolidation with Paraloid B-72 shows an increase in hardness and decrease the brittleness after drying. Number of paraloid applications will increase the effectiveness and decrease the water content. However, this method need to be further developed to obtain the appropriate method and optimal result. Consolidation with PEG produces dense and stable material. This method is promising, but the application by soaking is difficult to be applied in the field. This method needs further development in order to be easily applicable in field.

**Keywords :** *Tambora, material conservation, charred material*

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Situs Tambora merupakan situs yang sangat menarik untuk diteliti, karena menyimpan potensi peninggalan budaya yang sangat unik dan bernilai tinggi. Keunikan dari situs Tambora adalah latar belakangnya

yang berasal dari terjadinya letusan gunung maha dahsyat pada sekitar 200 tahun yang lampau. Letusan tersebut menghasilkan lontaran material dalam jumlah luar biasa besar sehingga mengubur kawasan di sekitarnya. Tiga kerajaan tercatat hilang dari peta sejarah, salah satunya adalah Kerajaan Tambora.

Menurut Bambang Budi Utomo, penelitian

yang berkaitan dengan letusan Gunung Tambora menarik ilmuwan vulkanologi dari seluruh dunia. Gunung api yang tingginya  $\pm 2.821$  meter d.p.l ini, sepanjang sejarah umat manusia tercatat pernah meletus sehebat-hebatnya pada tanggal 12-14 April 1815. Korban harta benda dan manusia demikian banyak. Tepat sebelum Tambora meletus Zollinger, peneliti Belanda tahun 1800-an memperkirakan seluruh Sumbawa berpenduduk 170.200 jiwa, masing-masing 90.000 di Kerajaan Bima, 60.000 di Kerajaan Sumbawa, 10.000 di Kerajaan Dompu, 6.000 di Kerajaan Tambora, 2.200 di Kerajaan Sanggar, dan 2.000 di Kerajaan Papekat. Menurut peneliti itu pula, jumlah penduduk tersebut berkurang lebih dari separuhnya sebagai akibat bencana Tambora (Utomo, 2006).

Penelitian arkeologi di situs bekas Kerajaan Tambora sangat menarik untuk dilakukan. Penelitian tersebut tidak hanya untuk mengungkap budaya dan kehidupan masa lalu, tetapi juga menarik karena kekhasan material yang ditinggalkan. Kondisi bekas material yang menjadi arang karena tertimbun material panas menarik untuk dikaji lebih dalam. Penelitian yang dilakukan juga akan mampu mengungkap bagaimana suatu peradaban yang terkena bencana letusan gunungapi. Kerajaan Tambora beserta lingkungan masyarakatnya yang terkubur tersebut terpendam dalam tanah setebal kurang lebih 2 meter, dalam kondisi menjadi arang. Kondisi menjadi arang tersebut menyebabkan material organik terawetkan karena menjadi tidak mudah lapuk (atau busuk). Di sisi lain arang tersebut juga merupakan material yang rapuh dan sangat mudah rusak jika terekspos.

## B. Permasalahan Konservasi

Permasalahan yang dihadapi pada saat ekskavasi adalah kondisi material yang sudah sangat rapuh. Bencana yang terjadi telah menghancurkan struktur rumah serta merubah material organik menjadi arang. Hampir semua material organik berupa kayu, bambu, tulang, bahkan sisa jasad manusia telah menjadi arang dan mudah sekali rusak. Apabila diangkat atau dipindahkan material menjadi patah atau rusak.

Kondisi material juga semakin rusak jika tetap terekspos selama ekskavasi. Hal ini juga menjadi permasalahan karena selama penelitian ekskavasi objek akan tetap terbuka. Jika hal ini dilakukan tanpa memperhatikan kondisi ketahanan material, maka setelah selesai penelitian semua material menjadi rusak. Oleh karena itu diperlukan pemahaman yang baik tentang kondisi material dan bagaimana menjaga agar tetap aman selama kegiatan penelitian dan pendokumentasian pada saat ekskavasi.

## C. Maksud dan Tujuan Penelitian

Berbagai persoalan yang diungkapkan di atas, tentu tidak semuanya dapat terjawab dalam satu kajian. Perlu beberapa tahap pengkajian sampai diperoleh hasil yang dapat menjelaskan berbagai pertanyaan dan memberikan solusi terhadap persoalan yang dihadapi. Oleh karena itu penelitian ini merupakan bagian awal dari usaha untuk mendalami dan menyelesaikan permasalahan. Penelitian ini dibatasi pada pengkajian kondisi lingkungan, interaksi material dengan lingkungan, kecepatan rusaknya material, transportasi material, dan percobaan konsolidasi material menggunakan beberapa bahan.

Adapaun tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi lingkungan situs pada saat dilakukan ekskavasi.
2. Mengetahui kondisi material yang terekspos oleh lingkungan, dan kecepatan kerusakannya.
3. Bagaimana cara transportasi temuan dari situs ke tempat lain yang aman sebelum tindakan konservasi.
4. Bagaimana hasil material yang dikonsolidasi dengan bahan Paraloid B-72 dengan beberapa variasi pelarut dan cara aplikasi, serta bahan konsolidan PEG 400.

## II. GAMBARAN SITUS

### A. Kondisi Lingkungan

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. Vener 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 introduksi 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 di sekitar 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.

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 menyiagakan pasukan karena mengira ada serangan.

Letusan Gunungapi Tambora di Pulau Sumbawa tahun 1815 merupakan kejadian letusan gunung api terbesar dan merusak dalam catatan sejarah. Letusan piroksisma terjadi pada 11 April 1815 yang diawali dengan letusan tipe plinian pada 5 April dan menewaskan lebih dari 90.000 jiwa penduduk Sumbawa dan sekitar Lombok. Tahap awal terdapat dua endapan letusan tipe plinian berupa abu dan batu apung abu-abu, membentuk perlapisan endapan setebal 40-150 cm menutupi hampir seluruh lereng dan juga tersebar ke bagian barat di luar wilayah gunungapi. Letusan puncak terjadi pada pukul 19.00 WITA, 11 April dimana semburan piroklastik sangat dahsyat mengalir hampir ke segala arah, terutama ke arah utara, barat, dan selatan dari pusat letusan. Endapan letusan gunung api yang sangat mematikan ini mengubur perkampungan purba pada daerah yang terlinda, dan menyimpan bukti arkeologi penting dalam periodenya (Sutawidjaya, 2006).

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. 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.

## B. Data Pengukuran Lingkungan

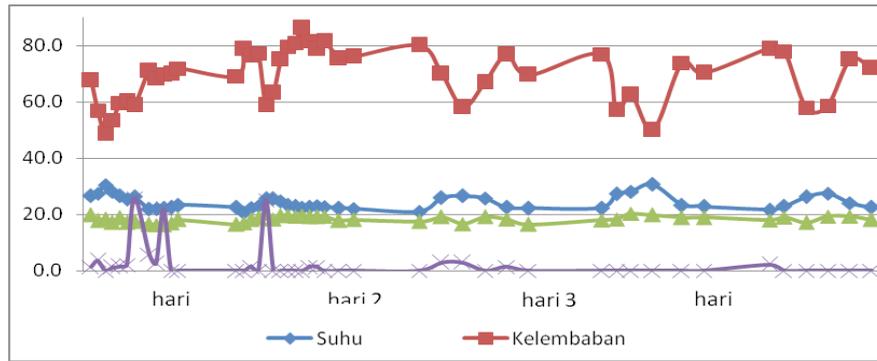
Situs tambora berada di sisi barat lereng Gunung Tambora pada Semenanjung Sanggar Pulau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Ketinggian lokasi kurang lebih 590 meter di atas permukaan laut. Data pengukuran selama penelitian menunjukkan angin yang bertiup relatif rendah dengan kecepatan antara 0,0-25 km/jam, dan rata-rata 2,3 km/jam. Arah angin umumnya dari arah timur, tenggara, hingga selatan, namun kadang-kadang dari arah utara.

Suhu udara agak dingin antara 20-30°C, dengan rata-rata 24,3°C. Kelembaban udara pada saat penelitian relatif rendah antara 53-78% dengan rata-rata 65%. Titik embun (*dew point*) cukup rendah antara 16,3-20,4°C dengan rata-rata 18,3°C. Selama jangka waktu pengukuran, titik embun selalu lebih rendah dari suhu udara terukur. Karena titik embun ini tidak pernah tercapai maka tidak terbentuk embun, pada pagi hari tidak teramati adanya embun pada permukaan benda-benda. Grafik memperlihatkan kurva titik embun tidak pernah berimpit dengan suhu udara. Hal ini disebabkan karena penelitian dilaksanakan pada musim kemarau, sehingga kondisi kelembaban udara relatif rendah. Dari data pengukuran yang dilakukan dapat diplot grafik pada Gambar 1.

Data-data lingkungan tersebut sangat penting untuk mengetahui kondisi lingkungan dan bagaimana lingkungan tersebut berperan terhadap proses kerusakan material. Pada dasarnya kerusakan material sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Data kondisi lingkungan dapat digunakan untuk mengkaji faktor dan proses pelapukan dan kerusakan yang terjadi.

## C. Kondisi Lapisan Tanah

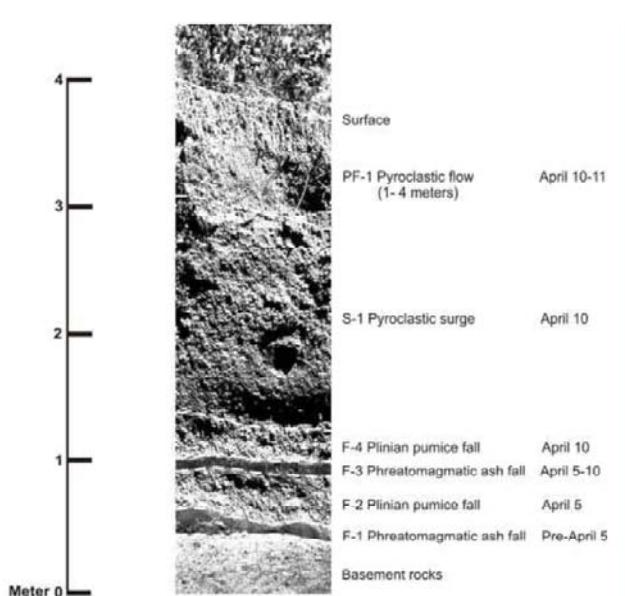
Kondisi tanah di kotak galian Situs tambora berlapis-lapis. Lapisan tanah asli di bagian paling bawah tertutup oleh beberapa lapisan tanah di



Gambar 1. Data Pengukuran Suhu dan Kelembaban Lingkungan Sekitar Situs

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 2. Kondisi lapisan-lapisan tanah di lereng Gunung Tambora menurut penelitian Sutawijaya, Sigurdsson, dan Abrams (2006)

### III. METODE PENELITIAN

Permasalahan konservasi material dari ekskavasi Situs Tambora terutama kayu yang ter-arang cukup kompleks dan memerlukan berbagai pendekatan. Penelitian ini merupakan kajian awal terhadap material, lingkungan, kerusakan material oleh faktor lingkungan, dan perumusan metode konservasinya. Aspek yang ditinjau dalam penelitian ini adalah kondisi lingkungan dan interaksinya dengan material, penanganan (handling) material, dan uji awal bahan konsolidasi. Setelah penelitian ini masih diperlukan kajian-kajian lanjutan untuk merumuskan metode konservasi yang lebih tepat dan aplikatif. Berikut ini adalah penjelasan metode yang dilakukan dalam penelitian ini.

#### A. Pengujian ekspos material

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kondisi sampel yang terekspos setelah penggalian. Bagaimana kerusakan material yang terjadi dan seberapa cepat proses kerusakan berlangsung. Langkah kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Sampel yang akan diekspos dipilih dari hasil penggalian, dan didokumentasikan.
2. Sampel diekspos di lokasi sekitar situs, yang kondisi lingkungannya terekam. Sampel ditempatkan ditempat terbuka dengan alas yang bersih.
3. Kandungan air sampel diukur secara periodik dengan protimeter. Keadaan sampel diamati secara periodik, dan diambil fotonya untuk mengetahui perubahan-perubahan yang terjadi.

#### B. Transportasi material

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 hendak 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 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 di atas 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 membentur. Air dapat ditambahkan untuk memastikan kondisi kotak selalu basah.

### C. Pengujian konsolidasi di laboratorium

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.

#### 1. Bahan percobaan

- a. Benda uji yang digunakan adalah sampel kayu ter-arang yang diambil dari ekskavasi di Situs Tambora. Kayu tersebut diperkirakan berasal dari pohon yang turut terpendam saat terjadi bencana, sehingga relatif tidak memiliki nilai penting yang signifikan. Sampel dipotong melintang (memotong arah serat kayu), sehingga terbentuk silinder-silinder pendek. Silinder tersebut selanjutnya dibelah menjadi empat bagian. Teknik pembuatan sampel ini dilakukan untuk mengetahui perubahan bentuk (pengkerutan) sampel selama pengujian, dari arah memanjang serat (transversal), melintang serat (tangensial), dan radial.
- b. Bahan kimia yang digunakan adalah bahan konsolidan Paraloid B72 dan PEG 400.
- c. Bahan pelarut yang diuji adalah aseton, etil asetat, dan air.

#### 2. Metode

- a. Setelah sampel dipersiapkan sesuai uraian di atas, sampel ditimbang teliti untuk mengetahui berat sampel sebelum perlakuan. Selanjutnya dimensi sampel diplot di atas kertas, dengan cara menempelkan sampel kemudian dibuat garis sesuai bentuk benda dengan pensil. Pembuatan gambar sampel ini dilakukan pada beberapa posisi sampel.
- b. 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%) dan konsolidan PEG 400. Untuk konsolidan Paraloid B72 masing-masing diuji dengan variasi cara aplikasi, yaitu dioles 1 x, 2 x, dan 3 x, serta direndam. Sedangkan untuk PEG 400 dilakukan dengan cara rendam.
- c. 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.
- d. Data yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui efektivitas konsolidasi. Data penimbangan berat dianalisis untuk mengetahui kadar air sampel dan perubahannya selama proses pengeringan. Data plot gambar untuk mengetahui terjadinya perubahan bentuk terutama pengkerutan selama proses pengeringan.
- e. Selain sampel yang diberi perlakuan, dilakukan juga pengamatan dengan cara yang sama terhadap sampel tanpa perlakuan sebagai kontrol atau pembanding.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Pengujian Ekspos

Hasil pengujian untuk ekspos material di lingkungan terbuka adalah sebagai berikut;

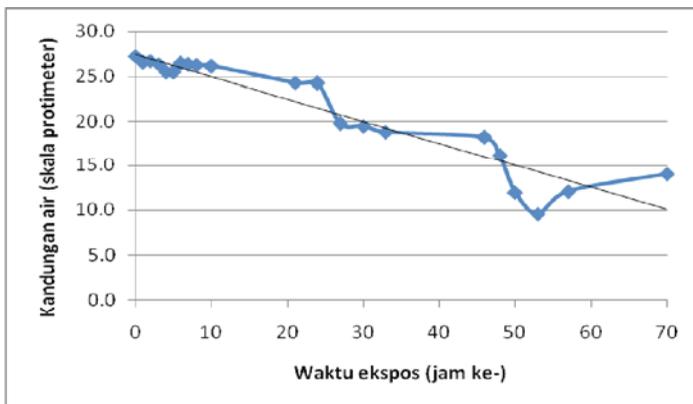
#### 1. Sampel kayu 1

Kayu yang diekspos pada lingkungan terbuka mengalami perubahan karena interaksi dengan lingkungan. Perubahan yang terjadi diamati secara visual untuk mengetahui kerusakan fisik, dan diukur kandungan airnya. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Pengamatan dan pengukuran kandungan air pada kayu yang diekspos**

No	Tanggal	Jam	Jam ke-	Skala protimeter	Keterangan
1	07/07/2012	10:00	0	27,3	
2		11:00	1	26,6	
3		12:00	2	26,7	
4		13:00	3	26,4	
5		14:00	4	25,5	Retak
6		15:00	5	25,4	
7		16:00	6	26,4	
8		17:00	7	26,3	
9		18:00	8	26,2	
10		20:00	10	26,1	
11	08/07/2012	7:00	21	24,3	Terdapat bagian yang lepas
12		10:00	24	24,2	Terdapat bagian yang lepas
13		13:00	27	19,8	Terdapat bagian yang lepas
14		16:00	30	19,5	
15		19:00	33	18,8	
16	09/07/2012	8:00	46	18,2	
17		10:00	48	16,2	Terdapat bagian yang lepas
18		12:00	50	12,0	Terdapat bagian yang lepas
19		15:00	53	9,5	Terdapat bagian yang lepas
20		19:00	57	12,0	
21	10/07/2012	8:00	70	14,0	Terdapat bagian yang lepas

Grafik yang diperoleh dari data di atas adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik penurunan kandungan air selama ekspos sampel kayu 1

Foto kondisi material selama pengamatan dapat dilihat pada gambar berikut :



Jam ke-0



Jam ke-1



Jam ke-2



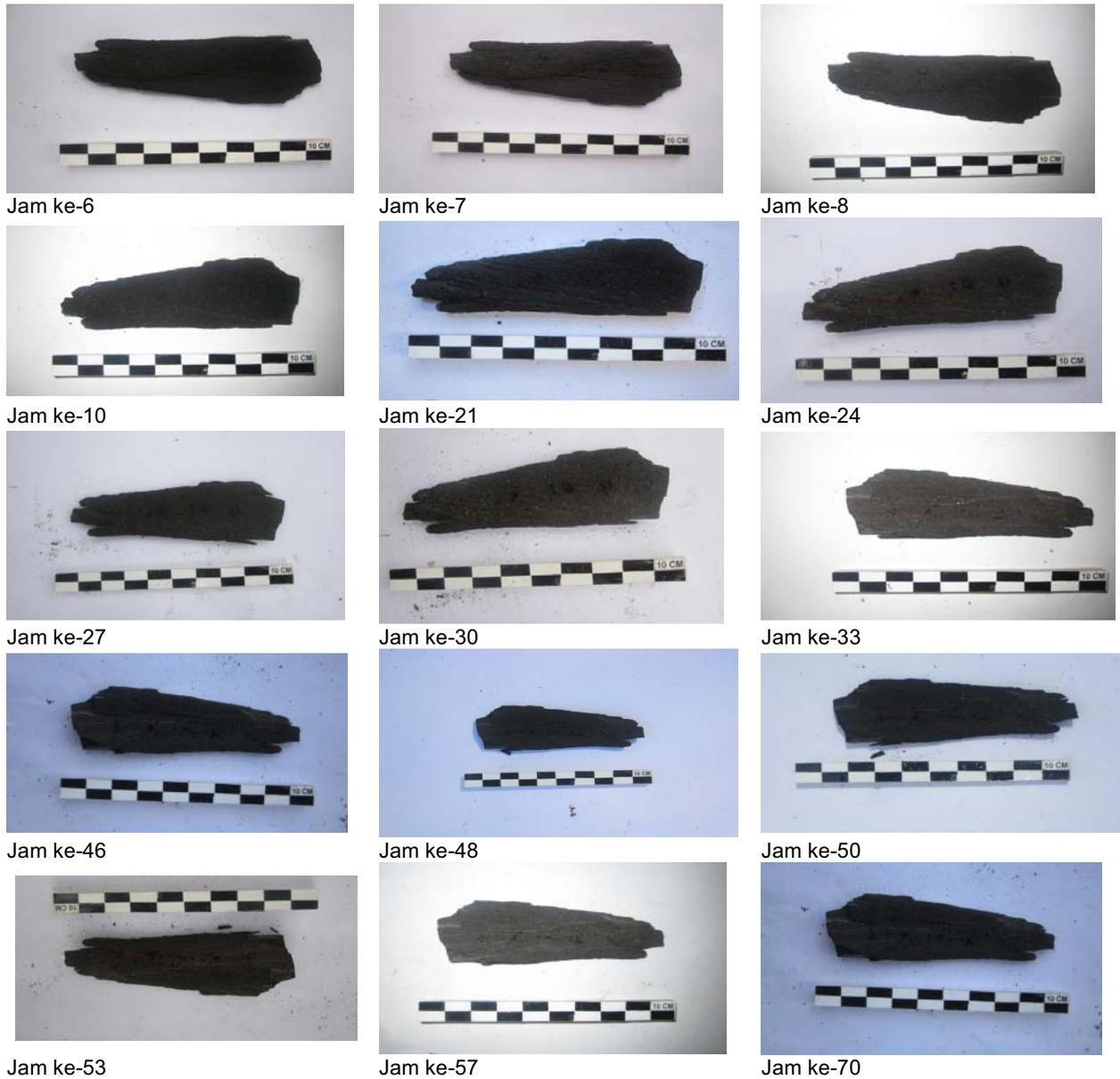
Jam ke-3



Jam ke-4



Jam ke-5



Gambar 4. Foto perubahan kondisi material (kayu 1) selama pengamatan

Sampel kayu 2 hampir sama dengan sampel kayu 1, perbedaannya adalah bentuknya. Sampel kayu 1 cenderung berbentuk pipih (melebar) sedangkan sampel kayu 2 berbentuk memanjang. Sampel kayu

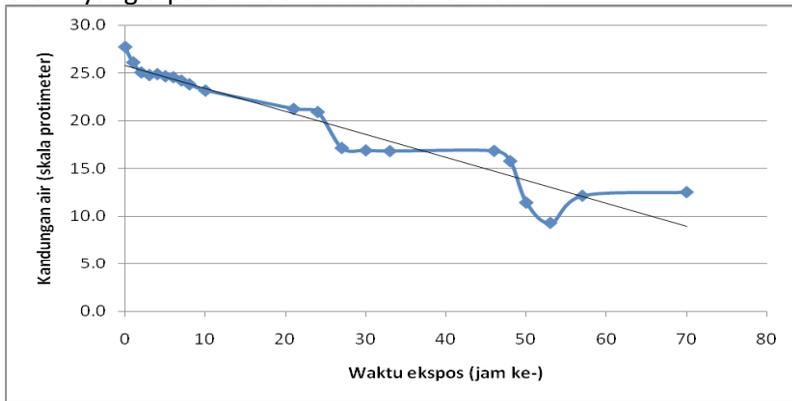
2 yang dilakukan pengujian dengan cara yang sama diamati secara visual untuk mengetahui kerusakan fisik, dan diukur kandungan airnya. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2. Pengamatan dan pengukuran kandungan air pada kayu yang diekspos**

No	Tanggal	Jam	Jam ke-	Skala protimeter	Keterangan
1	07/07/2012	10:00	0	27,8	
2		11:00	1	26,1	
3		12:00	2	25,1	Ada bagian yang patah
4		13:00	3	24,8	Ada bagian yang patah
5		14:00	4	24,9	
6		15:00	5	24,7	
7		16:00	6	24,6	
8		17:00	7	24,2	
9		18:00	8	23,8	
10		20:00	10	23,2	
11	08/07/2012	7:00	21	21,3	
12		10:00	24	20,9	
13		13:00	27	17,2	

14		16:00	30	16,9	Ada bagian yang patah
15		19:00	33	16,8	
16	09/07/2012	8:00	46	16,9	Mulai mengalami kerapuhan
17		10:00	48	15,8	Ada bagian yang patah
18		12:00	50	11,4	Beberapa serpihan lepas
19		15:00	53	9,3	Beberapa serpihan lepas
20		19:00	57	12,2	Beberapa serpihan lepas
21	10/07/2012	8:00	70	12,5	Beberapa serpihan lepas

Grafik yang diperoleh dari data di atas adalah :



Gambar 4. Grafik perubahan kandungan air selama ekspos sampel kayu 2

Foto perubahan kondisi material selama pengamatan adalah :



Jam ke-0



Jam ke-1



Jam ke-2



Jam ke-3



Jam ke-4



Jam ke-5



Jam ke-6



Jam ke-7



Jam ke-8



Jam ke-10



Jam ke-21



Jam ke-24



Jam ke-27



Jam ke-30



Jam ke-33



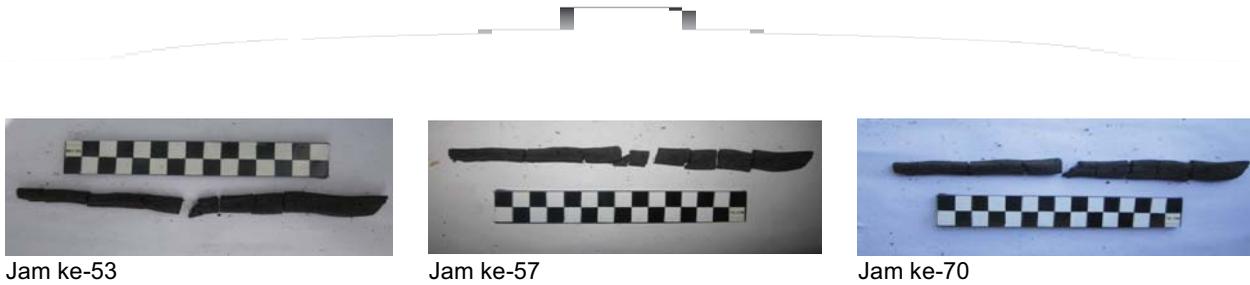
Jam ke-46



Jam ke-48



Jam ke-50



Gambar 5. Foto perubahan kondisi sampel (kayu 2) selama ekspos

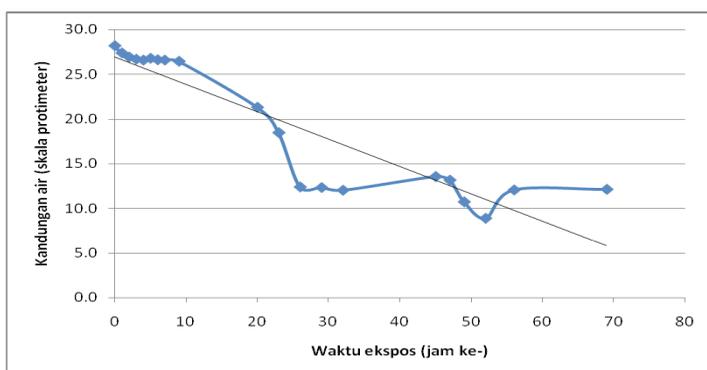
2. Sampel bambu

Pada percobaan ini juga dilakukan terhadap sampel bambu, karena temuan bambu juga cukup banyak. Sifat bambu berbeda dengan sifat kayu karena strukturnya yang berbeda. Perilaku kerusakan bambu juga akan berbeda dengan kayu, sehingga perlu dilakukan pengujian tersendiri. Berikut ini data pengamatan untuk sampel bambu.

Tabel 3. Pengamatan dan pengukuran kandungan air pada bambu yang diekspos

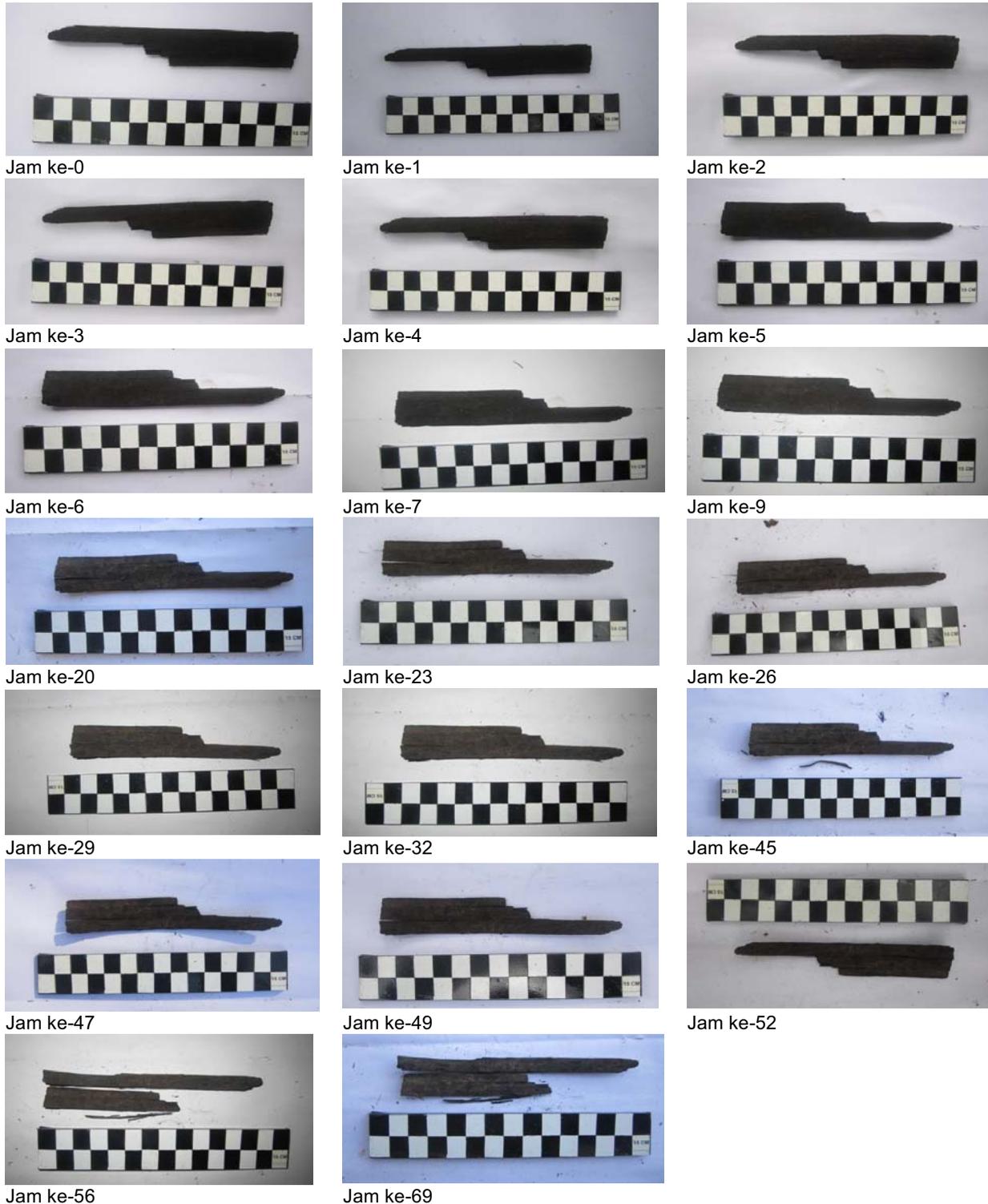
No	Tanggal	Jam	Jam ke-	Skala protimeter	Keterangan
1	07/07/2012	11:00	0	28,2	
2		12:00	1	27,4	
3		13:00	2	26,9	
4		14:00	3	26,7	
5		15:00	4	26,6	
6		16:00	5	26,8	
7		17:00	6	26,6	Gejala terjadi retak
8		18:00	7	26,6	
9		20:00	9	26,5	Gejala mulai melengkung
10	08/07/2012	7:00	20	21,3	Terjadi retak
11		10:00	23	18,5	Terjadi retak
12		13:00	26	12,4	Rapuh/ Serpihan terlepas
13		16:00	29	12,4	Rapuh/ Serpihan terlepas
14		19:00	32	12,1	Rapuh/ Serpihan terlepas
15	09/07/2012	8:00	45	13,6	Rapuh/ Serpihan terlepas
16		10:00	47	13,2	Rapuh/ Serpihan terlepas
17		12:00	49	10,8	Rapuh/ Serpihan terlepas
18		15:00	52	8,9	Rapuh/ Serpihan terlepas
19		19:00	56	12,1	Patah/terbelah
20	10/07/2012	8:00	69	12,2	Patah/terbelah

Grafik yang diperoleh adalah sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik perubahan kandungan air selama proses ekspos pada sampel bambu

Foto perubahan kondisi material selama pengamatan adalah :



Gambar 7. Foto perubahan kondisi material pada proses ekspos

Berdasarkan data yang diperoleh dapat diketahui gambaran interaksi material dengan lingkungan selama diekspos. Material yang terekspos akan mengalami beberapa gejala kerusakan, antara lain retak, 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.

Meskipun demikian dampak pengkerutan yang terjadi tidak terlalu besar, 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 ini menarik untuk dikaji lebih dalam, karena disatu sisi material mudah mengalami kerapuhan tapi disisi lain pengkerutannya tidak terlalu besar. Tentu saja hal ini akan berdampak pada metode konservasi yang yang dapat digunakan. Dengan rusaknya sel-sel kayu yang menjadi arang, maka proses keluarnya air relatif menjadi lebih cepat. Hal ini dapat dilihat dari grafik kandungan air selama proses ekspos. Pada sampel kayu, grafik telah menunjukkan nilai yang konstan pada hari ke-3. Nilai yang konstan berarti kayu telah mengalami kesetimbangan dengan kelembaban udara. Hal ini dapat dilihat data yang ada yaitu mulai mendatar, kemudian turun, dan selanjutnya naik kembali seiring dengan naiknya kelembaban udara. Sedangkan pada sampel bambu kesetimbangan bahkan sudah terbentuk pada hari kedua. Data-data tersebut menunjukkan bahwa pelepasan air dari dalam material yang terekspos akan terjadi pada hari kedua, dan pada saat ini material sudah mengalami kerusakan.

Data ini juga penting untuk penerapan di lapangan, yaitu untuk menjaga agar material tidak terekspos sepenuhnya selama kegiatan ekskavasi. Jika material dibiarkan terekspos lebih dari dua hari, maka kemungkinan akan mengalami kerusakan.

Sedangkan untuk perumusan metode konservasi, hal ini juga penting untuk menjadi dasar pemikiran. Konservasi kayu yang telah jenuh

dengan air dapat menggunakan metode konservasi waterlogged wood yang relatif telah berkembang dan dikuasai. Metode yang umum adalah dengan cara impregnasi bahan, PEG (poli etilen glikol) merupakan bahan yang paling umum digunakan. Metode ini dapat mengkonservasi kayu yang telah jenuh air dengan hasil yang memuaskan. Kelemahan metode ini adalah harus dilakukan dengan cara perendaman, dan waktu yang dibutuhkan cukup lama. Namun jika diaplikasikan pada kayu yang telah menjadi arang, akan memiliki kinerja yang berbeda. Sifat sel kayu ter-arang yang telah rusak memungkinkan keluar masuknya air menjadi relatif lebih mudah. Demikian juga dengan masuknya bahan impregnasi PEG yang juga relatif lebih cepat. Namun hal ini masih memerlukan kajian yang lebih mendalam.

Sifat sel kayu yang telah rusak juga memungkinkan metode konservasi lain dapat diterapkan. 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. Hasil Pengujian Transportasi

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 material 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.

Berikut ini foto penempatan sampel dalam kotak plastik selama transportasi:





Gambar 8. Perlakuan sampel untuk dilakukan transportasi

### C. Hasil Pengujian Konsolidasi

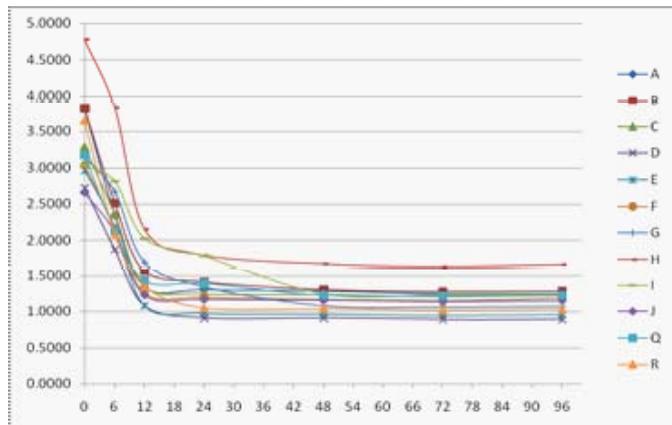
Percobaan konsolidasi yang dilakukan terdiri atas dua kelompok, yaitu dengan metode konsolidasi material yang umum pada benda koleksi cagar budaya, dan metode yang digunakan pada material kayu tinggalan bawah air (waterlogged wood). Untuk

metode konsolidasi material yang pertama digunakan bahan Paraloid B-72 dengan variasi pelarut dan cara aplikasi. Setelah dilakukan aplikasi maka efektivitas konsolidasi diamati melalui perubahan berat dan kondisi sampel selama proses pengeringan. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 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:



Gambar 9. Grafik perubahan berat 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 5. 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

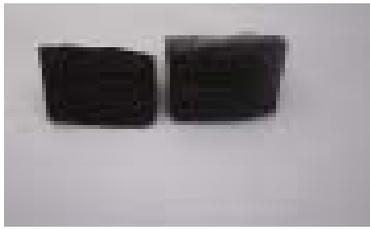
Tabel 6. Perbandingan sampel setelah dilakukan beberapa treatment dan tanpa treatment

Tanpa treatment (R)



Dengan treatment (A-Q)





Gambar 10. Sampel yang dibelah untuk mengamati bagian dalam

Kekerasan sampel juga sampai bagian dalam. Foto diatas sampel yang dibelah dan diamati kekerasan bagian tengahnya.

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

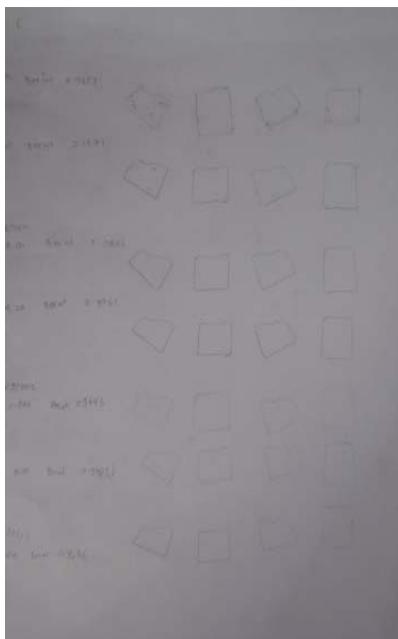
masuk menggantikan air yang ada dalam pori-pori material. Sedangkan etil asetat bersifat lebih nonpolar. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kedua pelarut dapat masuk ke dalam material. Namun hasil akhir yang kurang memuaskan terjadi pada pelarut aseton, dimana permukaan benda menjadi mengkilap. Hal ini 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.

Kandungan air dari sampel setelah konsolidasi juga masih tinggi, karena treatment menggunakan metode oles dan rendam dengan bahan konsolidan berkadar rendah. Jumlah konsolidan yang dimasukkan juga tidak diperhitungkan secara kualitatif, sehingga perlu kajian lebih lanjut dengan memperhitungkan jumlah bahan konsolidan dengan teliti. Laju (kecepatan) masuknya bahan ke dalam sampel juga perlu dikaji sehingga dapat dikembangkan untuk perumusan cara aplikasinya, termasuk seberapa dalam bahan konsolidan dapat meresap untuk sampel berukuran besar.

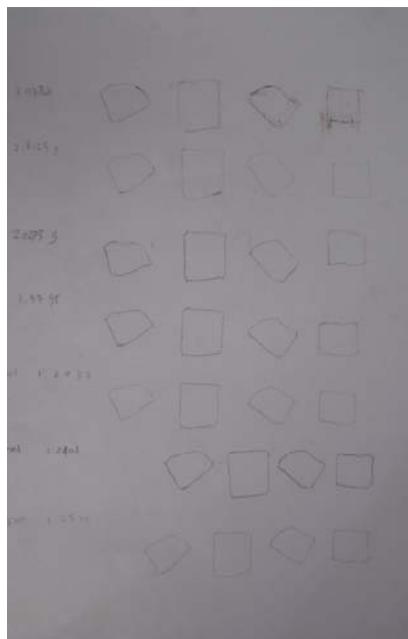
Metode ini juga mampu menjaga kondisi material yang dikonsolidasi menjadi lebih stabil. Material yang dikonsolidasi tidak mengalami

Tabel 7. Pengukuran perubahan dimensi (pengkerutan) sampel

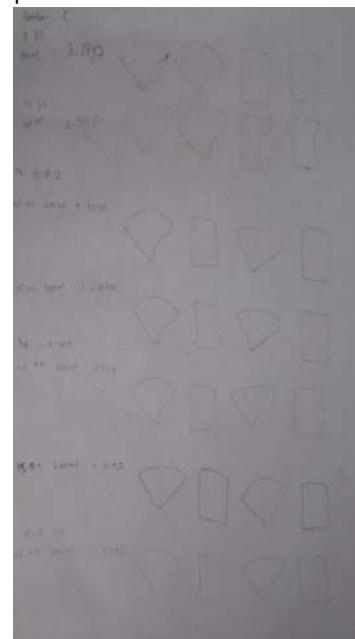
Hasil konsolidasi dengan Paraloid B-72 dengan pelarut aseton



Hasil konsolidasi dengan Paraloid B-72 2,5% dengan pelarut etil asetat

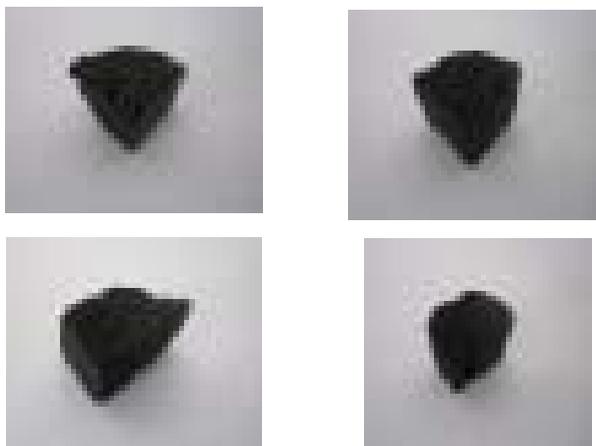


Hasil konsolidasi dengan Paraloid B-72 5% dengan pelarut etil asetat



penyusutan atau pengkerutan selama pengeringan. Hal ini menunjukkan bahwa metode konsolidasi dapat bekerja dengan baik. Di sisi lain, kayu yang telah menjadi arang juga lebih tahan terhadap pengkerutan selama proses pengeringan. Hal ini juga akan memudahkan dalam memilih metode konservasi yang akan direncanakan. dalam tabel 7 diperlihatkan data gambar pengamatan terhadap perubahan bentuk sampel selama proses pengeringan, yang diplot di atas kertas. Ploting dilakukan dengan menempatkan sampel pada berbagai posisi, kemudian bentuk sampel diplot dengan pensil.

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.



Gambar 11. Foto kondisi perendaman sampel dalam PEG dan hasil konsolidasi

Metode 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.

## V. PENUTUP

Penelitian konservasi material pada ekskavasi di Situs Tambora penting untuk dilakukan, karena material sangat mudah rusak dan cepat mengalami kerapuhan. Penelitian ini merupakan awal dari penelitian konservasi material terhadap tinggalaan budaya ter-arang, khususnya di Situs Tambora.

### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kondisi lingkungan Situs Tambora merupakan hutan dengan vegetasi yang tidak terlalu rapat. Data pengukuran selama penelitian menunjukkan angin yang bertiup relatif kecil dengan kecepatan antara 0,0-25 km/jam, dan rata-rata 2,3 km/jam. Arah angin umumnya dari arah timur, tenggara, hingga selatan, namun kadang-kadang dari arah utara. Suhu udara agak dingin antara 20-30°C, dengan rata-rata 24,3°C. Kelembaban udara pada saat penelitian relatif rendah antara 53-78% dengan rata-rata 65%. Titik embun (dew point) cukup rendah antara 16,3-20,4°C dengan rata-rata 18,3°C. Kondisi ini turut mempengaruhi kecepatan kerusakan material selama ekskavasi, karena kecepatan penguapan yang relatif tinggi.
2. Kondisi material yang terekspos cepat mengalami kerusakan. Pada awalnya terjadi penurunan kadar air dalam material. Seiring dengan penurunan kadar air ini, material menjadi semakin rapuh dan mudah rusak. Pada hari pertama telah terjadi keretakan pada material dan semakin rapuh sehingga pada hari ke-2 material patah. Hari ke-3 jumlah bagian yang patah semakin banyak, dan pada hari ke-4 sampel yang patah sudah sulit ditangani (sulit dipindah dan diukur tanpa mengalami kerusakan).
3. Cara transportasi dengan membungkus sampel dengan plastik wrap, dan menempatkan dalam

kotak plastik yang lembab cukup baik. Lembaran busa dan koran bekas membantu mempertahankan kondisi sampel tetap stabil dan kelembabannya terjaga. Cara ini dapat digunakan untuk transportasi pada penelitian-penelitian yang akan datang.

4. Material yang dikonsolidasi dengan Paraloid menunjukkan peningkatan kekerasan dan tidak rapuh setelah dikeringkan. Jumlah pengolesan akan meningkatkan efektivitas dan penurunan kadar air. Namun metode ini perlu dikembangkan untuk mendapatkan metode yang sesuai dan hasil yang optimal. Perlu pengembangan metode lebih lanjut dengan parameter pengamatan yang lebih kuantitatif.
5. Konsolidasi dengan PEG menghasilkan material yang cukup keras dan stabil. Metode ini cukup baik, namun cara aplikasinya harus dengan cara rendam sehingga agak sulit diterapkan di lapangan. Metode ini perlu dikembangkan agar dapat lebih aplikatif di lapangan.

#### B. Rekomendasi

Rekomendasi yang dapat disampaikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut ;

1. Pada saat melakukan ekskavasi diusahakan agar material tidak dibiarkan terekspos untuk waktu yang lama. Setelah ada penemuan dan dibersihkan, maka temuan tersebut perlu ditutup sehingga tidak terpapar udara dan panas matahari langsung. Hal ini untuk menghindari kerusakan material selama kegiatan ekskavasi.

2. Apabila diperlukan pengambilan sampel atau pengangkatan benda berupa kayu yang ter-arang maka harus dilakukan dengan cara khusus. Yaitu dengan menggunakan wadah (*container box*) yang berisi busa basah, kondisi bagian dalam wadah harus dijaga agar selalu basah dan dipertahankan hingga dilakukan konservasi.

#### C. Saran

Adapun saran yang dapat diajukan pada laporan penelitian ini adalah :

1. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kondisi lingkungan dengan lebih teliti dan pada berbagai kondisi (musim). Pencatatan data lingkungan perlu menggunakan alat perekam (*data logger*) agar data yang diperoleh lebih akurat dan lengkap. Penelitian ekskavasi biasanya dilakukan pada musim kemarau untuk memudahkan pengerjaan. Namun sayangnya pada musim kemarau ini kondisi penguapan tinggi, sehingga kerusakan material terjadi lebih cepat.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan efektivitas konsolidasi dengan Paraloid B-72 dengan variasi kadar, jenis pelarut, cara aplikasi. Penelitian lebih lanjut juga diperlukan dengan pengamatan efektivitas yang lebih kuantitatif.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memudahkan penerapan metode konsolidasi dengan PEG agar lebih aplikatif di lapangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Cahyandaru Nahar, Swastikawati Ari, Kusumawati Henny, Yudhi Atmaja HP, Brahmantara, Pramudianto Dwi Hantoro, Ajar Priyanto, (2010) *Konservasi dan Konsep Pengembangan Perahu Kuno Rembang*, Laporan Studi, Balai Konservasi Peninggalan 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 restortion)*.

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

Utomo Bambang Budi, (2007), *Penelitian Vulkanologi atau Penelitian Arkeologi yang Terjadi di Daerah Lereng Gunung Tambora*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Arkeologi Nasional (tidak dipublikasikan)